Radu Ianculescu

# Manualul radioamatorului începător

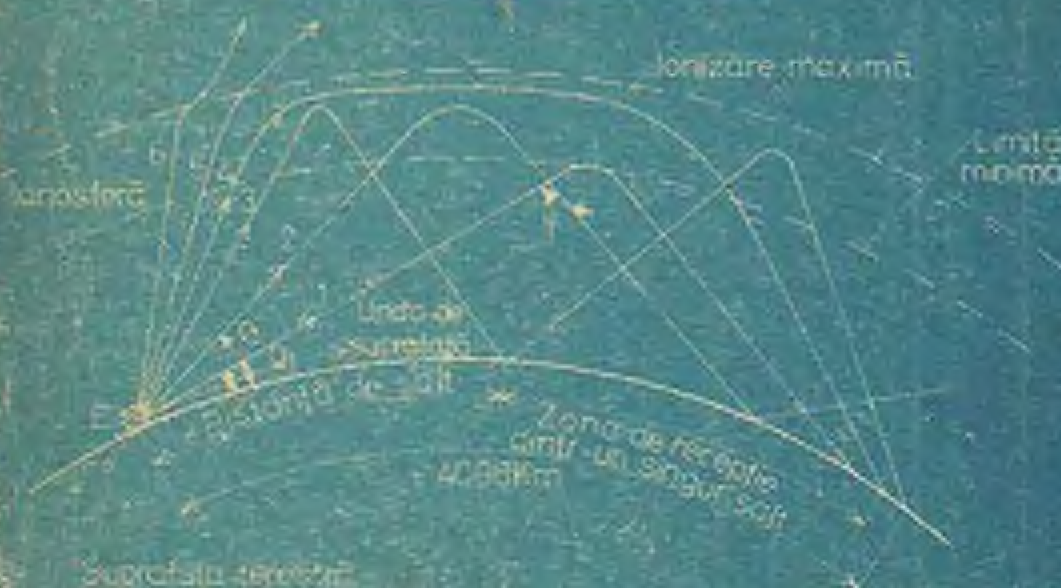
AUTOMATICĂ

ELECTRONICĂ

SERIA PRACTICĂ

INFORMATICĂ

MANAGEMENT



Seria PRACTICĂ

# BIBLIOTECA DE AUTOMATICĂ-INFORMATICĂ-ELECTRONICĂ-MANAGEMENT

*S. Radu, D. Filoti*: **Centrale telefonice automate**
*M. Bodea ş.a.*: **Tranzistoare cu efect de cîmp**
*D. N. Şopîrlă*: **Proiectarea radioreceptoarelor**
*V. Antonescu, M. Popescu*: **Ghid pentru controlul statistic al calităţii**
*V. Baltac ş.a.*: **Calculatorul FELIX C-256. Structură şi programare**
*G. Sonea, Sălăjan M.*: **Creşterea planificată a productivităţii muncii**
*R.L. Morris*: **Proiectarea cu circuite integrate TTL**
*A. Brilliantov*: **Calculul şi construcţia televizoarelor portabile**
*Kaoru Ishikawa*: **Controlul de calitate pentru maiştri şi şefi de echipe**
*Magnus Mathes*: **222 măsuri pentru reducerea costurilor**
*I. Stăncioiu*: **Eficienţa economică a achiziţiei de utilaje noi**
*G. Lajtha*: **Proiectarea reţelelor de telecomunicaţii**
*Vătăşescu A. ş.a.*: **Dispozitive semiconductoare. Manual practic**
*Ch. Jones*: **Design. Metode şi aplicaţii**
*E. S. Buffa*: **Conducerea modernă a producţiei, vol. I şi II**
*D. W. Davies, ş.a.*: **Reţele de interconectarea calculatoarelor**
*Gh. Bastiurea ş.a.*: **Comanda numerică a maşinilor-unelte**
*L. W. Crum*: **Analiza valorii**
*P. Feteş*: **Automatica şi informatica în procesele editorial-poligrafice**
*P. Vetreanu, St. Petrescu*: **Măsurarea temperaturii în tehnică**
*T. Penescu, V. Petrescu*: **Măsurarea presiunii în tehnică**
*P. Popescu, P. Mihordea*: **Măsurarea debitului în tehnică**
*P. Vetreanu*: **Măsurarea nivelului în tehnică**
*A. Nadolo*: **Măsurarea volumului şi cantităţii lichidelor în industrie**
*G. Hidoş, P. Isac (coordonatori)*: **Studiul muncii, I – VIII**
*G. Hidoş*: **Analiza şi proiectarea circuitelor informaţionale**
*Gh. I. Pîrău*: **Elaborarea şi implementarea sistemelor informatice**
*P. Constantinescu, ş.a.*: **Sisteme informatice, modele ale conducerii**
*V. Petrescu, ş.a.*: **Fişiere, baze şi bănci de date**
*I. Ceauşu ş.a.*: **SDV. Organizarea concepţiei, fabricaţiei, gestiunii**
*S. Brebenel*: **Practica transferului internaţional de tehnologie**
*P. Constantinescu ş.a.*: **Analiză, decizie, control**
*A. Vătăşescu ş.a.*: **Circuite integrate liniare. Manual de utilizare, vol. 1, 2, 3**
*S. Mihalca*: **Sisteme numerice cu circuite integrate**
*I. Ristea ş.a.*: **Manualul muncitorului electronist**
*M. Florescu ş.a.*: **Cibernetică, informatică, automatică în industria chimică**
*E. Stoinic, M. Gănescu*: **Televizoare cu circuite integrate**
*T. Gaber ş.a.*: **Echipamente periferice**
*S. Călin ş.a.*: **Optimizări în automatizări industriale**
*M. Simionescu*: **Proiectarea unitară a circuitelor electronice**
*C. Cruceru*: **Tehnica măsurărilor în telecomunicaţii**
*P. Niţulescu*: **Electroalimentarea instalaţiilor de telecomunicaţii**
*R. Răpeanu ş.a.*: **Circuite integrate analogice. Catalog**
*T. Rădulescu ş.a.*: **Centrale telefonice automate**
*N. Drăgulănescu*: **Agenda radioelectronistului**
*V. Baltac, A. Davidoviciu, C. Mogoş ş.a.*: **Sisteme interactive şi limbaje conversaţionale**
*Th. Borangiu, R. Dobrescu*: **Structuri moderne de conducere automată a maşinilor unelte**
*A. Petrescu ş.a.*: **Microcalculatoarele FELIX M18, M18B, M118, vol. I şi II**
*D. Stanomir*: **Sisteme electroacustice**
*N. Iosif ş.a.*: **Tiristoare şi module de putere. Catalog**
*S. Călin, I. Dumitrache ş.a.*: **Reglarea numerică a proceselor tehnologice**
*G. Ionescu ş.a.*: **Traductoare pentru automatizări industriale**
*D. Boboc ş.a.*: **Cartea operatorului de la tablourile de automatizare**
*A. Millea*: **Cartea metrologului**
*M. Voicu*: **Tehnici de analiză a stabilităţii sistemelor automate**
*A. Stănescu ş.a.*: **Sisteme de automatizare pneumatice**
*H. M. Motit, A. Ciocîrlea-Vasilescu*: **Debitmetrie industrială**
*N. Tertişco, P. Stoica, Th. Popescu*: **Identificarea asistată de calculator a sistemelor**

Ing. RADU IANCULESCU

# Manualul radioamatorului începător



Editura Tehnică
București — 1989

Recenzent : ing. Tudor Tănăsescu
Redactor : ing. Smaranda Dimitriu
Tehnoredactor : Gheorghe Dumitru
Coperta : Simona Dumitrescu
Execuția desenelor : Viorica Iftimie

Bun de tipar : 16.05.89. Coli de tipar : 17
C.Z. 621.396:03
ISBN 973-31-0041-2



Tiparul executat sub
comanda nr. 90 092 la
Combinatul Poligrafic
„Casa Scînteii"
Piața Scînteii nr. 1

# CUVÎNT ÎNAINTE

*A prefața acest nou manual pentru radioamatori este pentru mine o plăcută datorie, fiind convins că publicînd această carte Editura Tehnică vine în întîmpinarea necesității apariției unui manual accesibil, închegat, destinat formării cunoștințelor de radiotehnică ale tinerilor dornici să devină radioamatori.*

*Spre deosebire de alte manuale nu veți găsi aici descrierea unor scheme practice. Fără a utiliza un aparat matematic complicat, autorul face o introducere în radiotehnică pornind de la componentele pasive, trece apoi la descrierea circuitelor de bază și ajunge în final la descrierea funcționării etajelor radioemițătoarelor precum și a radioreceptoarelor. Atrag atenția asupra capitolului despre radiocomunicații unde sînt prezentate procedeele de modulație, de multe ori evitate în cărțile pentru radioamatori. De asemenea capitolele despre detecție, oscilatoare, sinteza de frecvențe.*

*Deși cartea se adresează începătorilor, chiar și radioamatorii mai avansați vor afla multe, de pildă din capitolul despre propagare, într-adevăr subiectul cel mai fascinant, dar și cel mai greu de înțeles din radiotehnică.*

*Testele de la sfîrșitul fiecărui capitol îl vor ajuta pe cititor să-și verifice singur gradul de înțelegere al materialului citit și, îi va fi folositor în vederea pregătirii pentru examenul de radioamator.*

*Pentru cei care, dorind să devină radioamatori, își încep studiul cu această carte, adaug că odată ajunși la capătul ultimului capitol trebuie să știe că „înainte mult mai este".*

*MULT SUCCES!*

15 mai 1989 Ing. TUDOR TĂNĂSESCU
*București*

# Cuprins

# Introducere

*Radioamatorismul este o activitate care presupune inteligență, cunoștințe teoretice, calități competițional sportive și mai ales pasiune. Este un hobby, dar în același timp și un sport care nu are limită de vîrstă pentru adepții săi. Radioamatorii sînt răspîndiți în toată lumea și nu există țară fără prefix astfel încît nu se poate vorbi de nici un moment de pauză în eter chiar dacă nicăieri nu a fost inițiat nici un concurs.*

*Radioamatorismul cultivă prietenia dintre oameni fără a ține seama de distanță, de limbă, concepții religioase sau politice, de vîrstă sau sex. De multe ori radioamatorii și-au manifestat spiritul de solidaritate umană, contribuind la salvarea de vieți omenești, pornind numai de la faptul că cineva a ascultat în bandă un apel de ajutor.*

*Pentru a comunica între ei în telefonie sau telegrafie, radioamatorii își construiesc de cele mai multe ori singuri întreaga aparatură de emisie-recepție, experimentează mereu alte soluții și nimeni nu poate nega că o parte din progresul radiocomunicațiilor se datorează acestor entuziaști. Traficul radiocomunicațiilor se desfășoară pe anumite frecvențe special alocate în domeniile de unde scurte ultrascurte și microunde.*

*Pentru ca un radioamator să-și poată construi și pune în funcțiune echipamentul de emisie-recepție este necesar ca mai întîi să dețină certificatul de radioamator și autorizația corespunzătoare uneia dintre cele șase clase de radioamatori. El trebuie să dovedească printr-un examen că posedă nu numai cunoștințe de legislație ci și un anume bagaj de cunoștințe de electrotehnică și radiotehnică. Activitatea radioamatorilor din R.S. România se află sub controlul Ministerului Transporturilor și Telecomunicațiilor și al Federației române de radioamatorism, iar examenele sînt organizate de Direcțiile de Radio și Televiziune din București, Cluj, Iași și Timișoara.*

*Volumul de cunoștințe este destul de mare și dacă nu există o pregătire de specialitate, trebuie să dedicăm aproximativ un an de zile studiului individual sau frecventării cursurilor organizate de cel mai apropiat radioclub.*

*Manualul de față este conceput tocmai pentru a veni în ajutor celor care doresc să devină radioamatori sau cel puțin se simt atrași de radiotehnică.*

*Dacă ați optat pentru studiul individual, vă sfătuim să învățați cel puțin un capitol pe săptămînă. Nu vă limitați la o simplă trecere peste text, citiți cu creionul în mînă, subliniați, reluați și apoi încercați să răspundeți la întrebările de la sfîrșitul capitolelor și să rezolvați problemele. Dacă întîmpinați greutăți, reluați pasajele dificile și nu treceți mai departe pînă nu ați răspuns mulțumitor la întrebări. Nu vă sfiiți să apelați la ajutorul unui radioamator cu experiență. Pentru el va fi o îndatorire plăcută să vă ajute, fiind îndemnat și de spiritul de radioamator.*

*Dar pînă atunci... cîteva spicuiri din Regulamentul de radiocomunicații.*

*Vom sublinia din nou că radioamatorii activează animați numai de pasiunea lor tehnică fără a urmări scopuri comerciale, iar autorizația de radioamator*

nu dă dreptul la prestare de reparaţii de aparate de radio sau de televiziune. Putem activa ca radioamatori, dar nu putem folosi aparatura de emisie-recepţie întocmai ca un radiotelefon pentru a comunica veşti celor de acasă.

Radioamatorismul este o ocupaţie căreia îi dedicăm timpul liber şi va trebui să nu ne stînjenească de la principalele îndatoriri (învăţătură, sarcini de serviciu etc). Radioamatorii autorizaţi utilizează adesea aparate de construcţie proprie care se încadrează în normele tehnice impuse de Regulament şi participă la traficul radio.

În funcţie de puterile emiţătoarelor, de clasele de emisie şi de benzile de frecvenţe alocate, staţiile de emisie ale radioamatorilor se împart în şase clase (vezi anexa) pentru care se eliberează autorizaţii.

La rîndul lor, radioamatorii pot obţine în urma examenului certificatul de radioamator începător sau avansat. După stagiul obligatoriu de radioamator receptor, radioamatorul începător poate fi autorizat să lucreze cu instalaţiile de emisie-recepţie de clasa a III-a (unde scurte) sau clasa a V-a (unde ultrascurte). Clasa a IV-a este rezervată şcolarilor între 10 şi 14 ani. Radioamatorilor avansaţi le sînt destinate clasele de emisie a IV-a, a II-a şi I-a. Trecerea la aceste clase se face după un stagiu îndelungat în trafic, după îndeplinirea unui anumit număr minim de legături bilaterale. Veţi înţelege de ce este atît de stimat un radioamator de clasa a I-a, numai ştiind că o condiţie pentru primirea autorizaţiei este şi realizarea a minim de 3000 legături bilaterale de la data primirii autorizaţiei de clasa a II-a, dintre care cel puţin jumătate în radiotelegrafie.

**Tipurile de radiocomunicaţii**

În principal radioamatorii comunică în două moduri: radiotelefonie şi radiotelegrafie. Pentru telefonia pe unde scurte se utilizează aproape în exclusivitate modulaţia în amplitudine cu bandă laterală unică şi purtătoare suprimată — BLU (în limbaj curent SSB — single side band). Aceste emisiuni nu pot fi recepţionate cu un radioreceptor obişnuit şi de aceea sînt necesare dispozitive speciale precum şi un oscilator BFO sau un detector de produs. Acelaşi oscilator poate face audibile şi semnalele telegrafice (CW — continuos Wave).

În benzile de unde ultrascurte se foloseşte şi modulaţia în frecvenţă care permite recepţia semnalelor neafectate de paraziţi. În afara radiotelefoniei (SSB) şi a radiotelegrafiei (CW) radioamatorii mai comunică în telegrafie automată (RTTY), pot face recepţia transmisiunilor de televiziune cu baleiaj lent (SSTV), iar în benzile de 10 m şi 2 m pot efectua legături intercontinentale prin sateliţi de telecomunicaţii special destinaţi.

*Radioamatori receptori!*

Pînă la obţinerea certificatului de radioamator începător şi a autorizaţiei de emisie trebuie să vă obişnuiţi cu traficul, ascultînd în bandă chiar în perioada asimilării materiei pentru examen. Este suficient un radioreceptor de unde scurte modificat pentru recepţia semnalelor SSB. Încă de acum veţi învăţa pe dinafară benzile de frecvenţe, alocate radioamatorilor de la 1815 kHz pînă la 440 MHz.

În sfîrşit, trebuie să vă mai gîndiţi dacă aveţi posibilitatea de a instala o antenă. Pentru lucrul în banda de unde ultrascurte este de ajuns o antenă asemănătoare antenelor de televiziune. Dar pentru benzile de unde scurte este nevoie de loc pentru a instala antene filare lungi sau pentru o antenă rotativă pe o rază de aproximativ 5 m.

După cum se observă sînt destule probleme la care trebuie să reflectaţi.

Capitolul 1

# Structura materiei

Pentru a [illegible] explica [illegible] ne reamintim câteva [illegible].

## 1.1. Structura atomului

În [illegible] de ani, se [illegible] că atomul este cea mai mică parte [illegible].

După [illegible] fig. 1.1, atomul este format din electroni și [illegible] este [illegible] din protoni [illegible]. Neutronii au o comportare neutră. [illegible] modelul atomic al lui Bohr. Atomul este imaginat ca un sistem solar. Electronii se rotesc pe orbite [illegible] în jurul nucleului. Pe fiecare orbită se află doi sau mai mulți electroni. Orbita cea mai apropiată de nucleu poate avea doi electroni, [illegible] maximum opt electroni, a treia optsprezece electroni. Pe [illegible] electroni. Aceștia se numesc electroni de valență [illegible] proprietățile chimice ale unui element. Un atom cu opt electroni de valență este neutru din punct de vedere chimic. [illegible] din punct de vedere al electrotehnicii. În metale atomii formează o rețea spațială, iar electronii aceștia

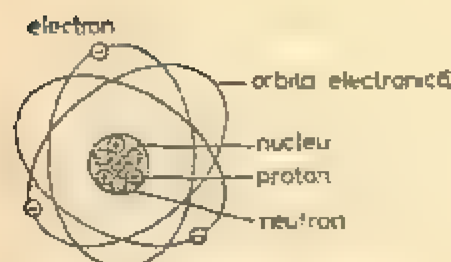
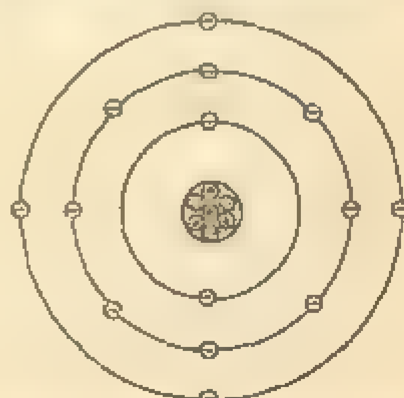


Fig. 1.1. Structura atomului


Fig. 1.2. Modelul atomic al lui Bohr

[illegible] de protoni [illegible] o mare parte se [illegible] liber. [illegible] electroni liberi [illegible] din categoria [illegible] electricitate. [illegible] conductoare".

## 1.2. Sarcina electrică

În [illegible] au observat [illegible] electrice [illegible] şi protonii [illegible] atom sînt legaţi prin forţe [illegible] sarcina electrică [illegible] protoni [illegible] sarcina electrică pozitivă. [illegible] sarcina negativă a electronilor [illegible] Atunci cînd un atom pierde electroni, el [illegible] pe de un astfel de atom [illegible] să ştim că sarcinile electrice [illegible] contrare se atrag.

În fizică [illegible] mărime are un simbol [illegible] $F$ [illegible] Sarcina electrică are [illegible] $Q$ [illegible] pentru sarcina electrică se [illegible] $C$.

[illegible] sarcină electrică [illegible] electronul [illegible] este contrar [illegible]

Sarcina de 1 [illegible] 25 [illegible] electroni, notat matematic cu numărul $6{,}25 \times 10^{18}$.

## 1.3. Tensiunea electrică

De acum [illegible] sarcină pozitivă. [illegible] din [illegible] pentru a se echilibra.

[illegible] transport de energie [illegible] prin [illegible] în general [illegible] Amintim astfel şi cîteva surse de energie electrică.

La o astfel de sursă distingem un pol negativ care manifestă un surplus de electroni şi un pol pozitiv care manifestă un deficit de electroni.

Între cei doi poli ai sursei se află o diferență de potențial datorită diferenței de sarcini electrice. Această diferență de potențial este numită *tensiune electrică*.

În circuitele electrice legate la o sursă electrică există un punct de potențial nul care de obicei este legat la pământ sau care se numește punct de masă. Față de acest punct de masă se măsoară diferențele de potențial (tensiunile) ale punctelor din circuit.

Tensiunea electrică se măsoară în volți, unitate de măsură care are următorii multipli și submultipli:

$$1 \text{ kilovolt} = 1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V} = 1\,000 \text{ V}$$

$$1 \text{ milivolt} = 1 \text{ mV} = 10^{-3} \text{ V} = \frac{1}{1\,000} \text{ V}$$

$$1 \text{ microvolt} = 1 \,\mu\text{V} = 10^{-6} \text{ V} = \frac{1}{1\,000\,000} \text{ V}$$

Aparatul cu care se măsoară tensiunea este voltmetrul. De fiecare dată când măsurăm tensiunea vom fi atenți să așezăm conductorul care leagă borna pozitivă a voltmetrului la plusul sursei, iar cel care leagă borna negativă, la minusul sursei.

Oricine cunoaște acei cilindri numiți impropriu baterii electrice folosite pentru alimentarea cu energie electrică a radioreceptoarelor tranzistorizate sau a lanternelor. Este vorba de fapt de monocelule care se leagă de obicei în serie pentru a se obține o tensiune mai mare. Aceasta înseamnă că polul negativ al primei celule se leagă la polul pozitiv al celulei următoare și așa mai departe. Valorile tensiunilor se adună și la bornele extreme se măsoară tensiunea sumă.

În încheiere trebuie să mai arătăm că în practică se întâlnesc tensiuni joase și tensiuni înalte. În aparatele de recepție se aplică tensiuni foarte mici de ordinul microvolților până la fracțiuni de volți, dar etajele finale ale emițătoarelor lucrează cu tensiuni de mii de volți.

*Vom reține că tensiunile peste 50 V sunt periculoase pentru viața omului și de aceea se iau măsuri speciale de protecție.*

**Probleme**

1. Câți V reprezintă 2,5 kV, 7 mV, 5 mV?
2. Câți mV reprezintă [illegible] V, 0,4 V?
3. Câte celule de 2 V sunt necesare pentru realizarea unei baterii de 24 V?

Capitolul 2

# Curentul electric

În capitolul precedent a fost subliniată însemnătatea electronilor de valență în procesele electrice. Am reținut că sarcinile electrice sînt forțe care acționează între diferitele părți componente ale atomilor și, în sfîrșit, am cunoscut unitatea de măsură pentru sarcina electrică, coulombul, echivalent cu sarcina a $6{,}25 \times 10^{18}$ electroni.

În continuare, am prezentat o sursă de tensiune, structura ei, legarea în serie și în paralel a mai multor surse de tensiune.

În acest capitol vom discuta despre curentul electric. Dacă la o sursă de tensiune se leagă un consumator între cei doi poli, apare un transport de sarcini electrice care se numește curent electric. Curentul electric este mișcarea ordonată a purtătorilor de sarcină.

În interiorul sursei de tensiune sarcinile electrice se deplasează de la polul pozitiv la polul negativ, fig. 2.1. Și acest transport de sarcini este un curent electric. În afara sursei de tensiune electronii circulă prin conductorii electrici de la minus la plus și astfel circuitul se închide. Curentul electric circulă numai dacă sursa de tensiune este legată la un circuit închis. Desigur dacă numai un singur pol este legat la un circuit, prin acest circuit nu circulă nici un curent electric.

Curentul electric nu poate fi pus în evidență în mod direct. Existența lui se constată prin efectele sale. Astfel sînt: efectul caloric (utilizat, de exemplu, la caloriferul electric), efectul de incandescență (utilizat la becurile electrice), efectul magnetic (utilizat, de exemplu, la electromagneți), efectul chimic (utilizat la acoperiri galvanice, precum nichelarea) și efectul fiziologic (acțiunea neplăcută a curentului electric asupra organismului).

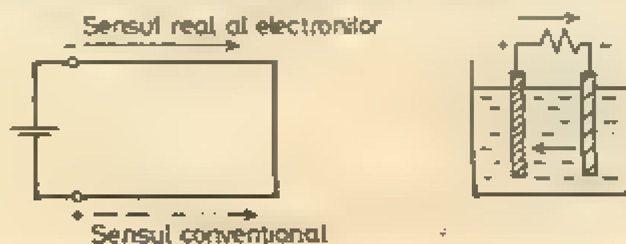



Fig. 2.1. Sensul curentului electric pentru o sursă de tensiune

## 2.1. Intensitatea curentului

Pentru intensitatea curentului electric s-a ales simbolul $I$. Unitatea de măsură a intensității curentului electric este Amperul (A). Această denumire a fost dată în onoarea fizicianului francez André Ampère (1775—1836), unul dintre primii cercetători ai fenomenelor electrice. Curentul electric cu intensitatea de 1 A pune în mișcare 6,25 × $10^{18}$ electroni care trec printr-o secțiune transversală într-o secundă. Deoarece nu se poate număra cantitatea de electroni, aceasta a fost stabilită [illegible] la trecerea sa printr-o soluție de nitrat de argint [illegible] 1,118 mg de argint. [illegible] se folosesc [illegible]:

$$1 \text{ miliamper} = 1\text{mA} = \frac{1}{1000} \text{A} = 10^{-3} \text{ A}$$

$$1 \text{ microamper} = 1 \mu\text{A} = \frac{1}{1000000} \text{A} = 10^{-6} \text{ A}$$

Măsurarea curentului electric se face cu ampermetrul. Acesta determină numărul de purtători de sarcină care trec în unitatea de timp printr-un conductor. [illegible] se montează în serie cu consumatorul deoarece prin el trebuie să treacă aceeași intensitate a curentului.

Pe vremea cînd nu se cunoșteau prea multe despre procesele ce au loc în conductori și în sursele de tensiune, s-a convenit ca sensul curentului electric este de la plus la minus. Acest sens este contrar direcției de mișcare a electronilor și acum este numit sensul convențional al curentului. Sensul de mișcare a electronilor este numit sensul real al curentului electric. Deci vom reține că în circuitul exterior al unei surse de tensiune sensul *convențional* este de la *plus* la *minus*, iar sensul de mișcare al electronilor de la *minus* la *plus*.

Trebuie știut că nu numai metalele sînt bune conducătoare de electricitate. La acestea se adaugă lichidele și gazele care în anumite condiții devin bune conducătoare de electricitate. Dacă în metale ionii pozitivi (atomii fără electronii de valență) ocupă un loc bine determinat în rețeaua spațială a materialului, și numai electronii formează curentul electric, în lichide și în gaze procesul este cu totul diferit. Ionii pozitivi capătă o mișcare ordonată, orientîndu-se spre polul negativ. Deci deosebirea esențială constă în faptul că în conductorii metalici apare numai un curent format din electroni pe cînd în lichide și gaze curentul este format din ioni.

## 2.2. Relații

Pînă acum cunoaștem trei mărimi electrice și unitățile lor de măsură: cantitatea de electricitate $Q$ și Coulombul, tensiunea electrică $U$ și Voltul și intensitatea curentului electric $I$ cu unitatea sa de măsură Amperul. Vom examina relația care există între cantitatea de electricitate $Q$ și intensitatea curentului $I$. Pornind de la definiția intensității curentului, rezultă că intensitatea

I este cantitatea de electricitate care trece într-o unitate de timp prin circuit. Se ajunge la relația $I = \frac{Q}{t}$.

Dacă înlocuim cu unitățile de măsură obținem

$$1\,A = \frac{1\,C}{1\,s} = \frac{6{,}25 \times 10^{18}\ \text{sarcini elementare}}{1\ \text{secundă}}$$

Din această egalitate rezultă: $Q = I \cdot t$
În unități de măsură, avem

1 coulomb = 1 amper × 1 secundă sau

$$1\,C = 1\,A \times 1\,s = 1\,A \cdot s$$

Prin urmare unitatea coulomb este un amper-secundă. Această formulă se poate folosi la calculul capacității unei baterii de acumulatori, când putem afla curentul (în amperi) ce poate fi dat de un acumulator pentru o perioadă de timp. Ați auzit desigur de acumulatori de 70 A·oră (Ah). *Exemplu*: cît timp va funcționa un acumulator care furnizează un curent de 2 A?

$$t = \frac{Q}{I} = \frac{70\,Ah}{2\,A} = 35\,h$$

Deci acumulatorul va funcționa 35 de ore.

Desigur ne întrebăm cu ce viteză se deplasează electronii printr-un conductor. Știm din propria experiență că un bec electric se aprinde imediat după ce acționăm comutatorul sau un corespondent de la sute de kilometri ne aude imediat după ce am făcut apelul telefonic. Impulsurile electrice se propagă cu o viteză aproape egală cu viteza luminii. Dar viteza electronilor este totuși mică. Pentru un curent de 1 A electronii se mișcă în linie dreaptă cu o viteză de aproximativ 10 mm/s. În cazul curentului electric fenomenul este oarecum asemănător unui șir de bile. Dacă într-un capăt o bilă primește un impuls, acesta se propagă foarte repede până la ultima bilă, fără însă ca fiecare bilă să se fi mișcat foarte mult. Această explicație este cît se poate de simplistă, dar o interpretare riguroasă științifică presupune cunoștințe foarte aprofundate de teorie a cîmpului electromagnetic.

## 2.3. Sisteme de unități

Pentru a explica fenomenele din natură, în general, omul a simțit nevoia de un sistem de mărimi fizice primitive și derivate. De-a lungul timpului au fost create mai multe sisteme de unități alese în așa fel încît relațiile dintre ele să fie cît mai simple și mai sistematice. La cea de-a 11-a Conferință generală de Măsuri și Greutăți care a avut loc în anul 1960 a fost adoptat Sistemul Internațional de unități notat prescurtat SI. Țara noastră a aderat la acest sistem în 1961, considerîndu-l singurul sistem de unități de măsură legal și obligatoriu. Unitățile fundamentale sînt desemnate în așa fel încît relațiile dintre ele presupun existența exclusivă a factorului 1.

Sistemul internațional este bazat pe următoarele unități: metrul (m) pentru lungime, kilogramul (kg) pentru masă, secunda (s) pentru timp, amperul (A) pentru intensitatea curentului, gradul Kelvin (°K) pentru temperatură, și candela (cd) pentru intensitatea luminoasă. Prescurtat acest sistem se mai notează și cu MKSAKC. Toate celelalte unități sînt derivate din acestea.

În încheiere prezentăm un tabel cu mărimi și unități.

**Sistemul internațional de mărimi și unități (SI)**

*Tabelul 2.1*

| Mărimea | Simbolul | Unitatea | Simbol | Relații |
|---|---|---|---|---|
| Lungimea | $l$ | metru | m | Unitate fundamentală |
| Masa | $m$ | kilogram | kg | Unitate fundamentală |
| Timpul | $t$ | secundă | s | Unitate fundamentală |
| Intensitatea curentului electric | $I$ | amper | A | Unitate fundamentală |
| Temperatura | $T$ | kelvin | K | Unitate fundamentală |
| Cantitatea de substanță | | mol | mol | Unitate fundamentală |
| | | **Unități derivate** | | |
| aria | $A$ | metru pătrat | $m^2$ | |
| volumul | $V$ | metru cub | $m^3$ | |
| frecvența | $f$ | hertz | Hz | $1 Hz = 1 s^{-1}$ |
| densitatea | | kilogram pe metru cub | $kg/m^3$ | |
| viteza | $v$ | metru pe secundă | m/s | |
| viteză unghiulară | $\omega$ | radian pe secundă | rad/s | |
| accelerația | $a$ | metru pe secundă la pătrat | $m/s^2$ | |
| accelerația unghiulară | | radian pe secundă la pătrat | $rad/s^2$ | |
| Forța | $F$ | newton | $N = ma$ | $kg\,m/s^2$ |
| presiunea | $p$ | pascal | Pa | $N/m^2$ |
| energia, lucrul mecanic, căldura | $W$ | Joule | J | N m |
| puterea | $P$ | watt | W | J/s |
| sarcina electrică | $Q$ | coulomb | C | 1C = 1A 1s |
| tensiunea | $U$ | volt | V | W/A |
| intensitatea cîmpului electric | $E$ | volt pe metru | V/m | |
| rezistența electrică | $R$ | ohm | Ω | V/A |
| capacitatea | $C$ | farad | F | A s/V |
| fluxul magnetic | $\Phi$ | weber | Wb | Vs |
| inductanța | $L$ | henry | H | V s/A |
| inducția magnetică | $B$ | tesla | T | $Wb/m^2$ |
| intensitatea cîmpului magnetic | $H$ | amper pe metru | A/m | |
| tensiunea magnetomotoare | | amper | A | |
| fluxul luminos | | lumen | lm | cd sr |
| strălucirea | | candela pe metru pătrat | $cd/m^2$ | |

Capitolul 3

# Curentul alternativ

Pe lîngă noțiunile elementare ale electrotehnicii prezentate pînă acum (cum sînt structura atomului, sarcina electrică, tensiunea electrică, curentul electric) se mai adaugă curentul și tensiunea alternativă, legea lui Ohm, puterea electrică, energia. Vor urma apoi componentele principale și schemele de bază ale electrotehnicii [illegible] prezentarea radioreceptoarelor, [illegible]

## 3.1. Curentul alternativ

Curentul electric din lecțiile precedente era considerat ca o mișcare a particulelor de sarcină într-o direcție [illegible]. Acest curent se [illegible] curent alternativ [illegible]

## 3.2. Curentul alternativ tehnic

Curentul alternativ tehnic cunoscut din viața de toate zilele are o variație sinusoidală și își schimbă sensul de [illegible] ori pe secundă. Dar și curenții de înaltă frecvență care sînt [illegible] emițătoarele radio au o formă în general sinusoidală.




Figura 3.1. Aspecte ale curentului continuu: a) curent continuu; b) curent pulsatoriu.




Figura 3.2. Aspecte ale curentului alternativ: a) curent alternativ sinusoidal; b) curent alternativ rectangular.

## 3.3. Unitățile de măsură

Mărimile alternative se notează cu litere mici. Deci tensiunea alternativă se notează cu $u$ și curentul alternativ cu $i$.

*Frecvența* este numărul de perioade sau cicluri pe secundă și se măsoară în hertzi (Hz).

$$1\ \text{Hz} = 1\ \text{perioadă/secundă}$$

$$1\ \text{Hz} = \frac{1}{s}$$

În țările anglosaxone unitatea de măsură a frecvenței era ciclul/secundă, notat $\frac{c}{s}$, dar unitatea de măsură în sistemul SI este hertzul. Curentul alternativ tehnic cu 50 perioade pe secundă are frecvența de 50 Hz.

Pentru frecvențe mai înalte se folosesc următorii multipli: 1 kilohertz = 1 kHz = $10^3$ Hz = 1 000 Hz.

1 Megahertz = 1 MHz = $10^6$ Hz = 1 000 000 Hz = 1 000 kHz

1 Gigahertz = 1 GHz = $10^9$ Hz = 1 000 000 000 Hz = 1 000 MHz.

*Durata unei perioade* se notează cu $T$ și se calculează cu formula $T = \frac{1}{f}$, $T$ în secunde, $f$ în Hz.

*Lungimea de undă.* Oscilațiile electrice se propagă ca niște unde, iar oscilațiile de înaltă frecvență se propagă și în spațiul liber. Dacă se măsoară distanța dintre două puncte de maxim, adică o perioadă, lungimea care se numește lungime de undă și se notează λ (lambda). Lungimea de undă se poate calcula, cunoscînd viteza de propagare $v$ și frecvența $f$

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

În cazul propagării în spațiul liber, viteza de propagare este egală cu viteza luminii $c = 300\,000$ km/s, iar lungimea de undă se calculează cu formula $\lambda = \frac{c}{f}$. Lungimea de undă se poate afla rapid cu ajutorul diagramei din fig. 3.4.

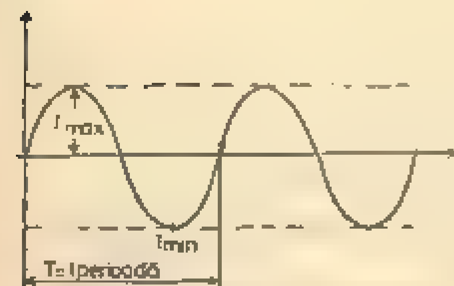



Figura 3.3. Noțiunea de perioadă

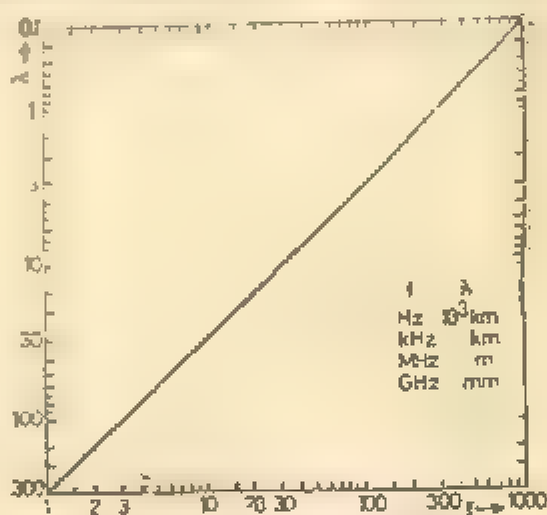



Figura 3.4. Nomograma frecvență — lungime de undă

## 3.4. Valoare instantanee

Oscilațiile au în fiecare moment o anumită valoare. Această valoare o numim valoare instantanee a tensiunii sau a curentului. Pentru tensiunea alternativă de 220 V vom măsura la momentul $t = 0$ V, la 2,5 milisecunde 220 V, iar după încă 2,5 milisecunde valoarea de vîrf — 311 V, după 10 milisecunde — din nou 0 V, iar după 15 milisecunde — 311 V.

Pentru exercițiu putem da relația de calcul a valorii instantanee în funcție de valoarea maximă a tensiunii alternative

$$u = U \sin \cdot \left( \frac{t}{T} \cdot 360° \right)$$

$$U = 311 \text{ V la momentul } t = 2{,}5 \text{ ms}$$

$$u = 311 \sin \left( \frac{2{,}5}{20} \cdot 360° \right) = 311 \cdot \sin 45° = 311 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 220 \text{ V}$$

*Faza.* Pentru a înțelege această noțiune, trebuie să arătăm cum se produce curentul alternativ. Dacă rotim un cadru metalic într-un cîmp magnetic constant, la bornele cadrului vom obține o tensiune alternativă. Valoarea maximă a acestei tensiuni se atinge atunci cînd cadrul metalic s-a rotit cu 90° față de verticală.

Fenomenul prin care se produce această tensiune se numește inducție. În funcție de unghiul pe care îl face cadrul, cu liniile de forță magnetice vom obține valorile tensiunii alternative. Acest unghi se numește unghi de fază. Diferitele componente de circuit electronice, cum ar fi, de exemplu, bobinele și condensatoarele, pot acționa asupra fazei prin întîrziere sau avans.

*Frecvența unghiulară.* În calcule nu se dau unghiurile cu care se învîrtește bobina cu rotorul generatorului de curent alternativ; ci numai arcele. Arcele se măsoară în radiani. Un cerc trigonometric are raza egală cu unitatea. Lungimea cercului este egală cu $2\pi r = 2\pi \cdot 1 = 2\pi$ radiani.

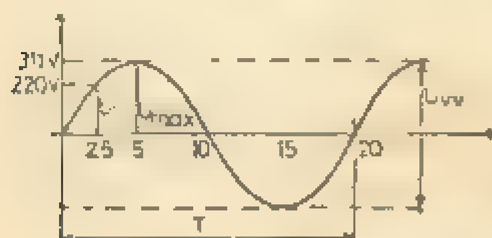



Figura 3.5. Mărimi caracteristice ale tensiunii alternative sinusoidale: $T$ — perioada, $U_{vv}$ — tensiunea de vîrf, $U_{max}$ — tensiunea maximă; $U_i$ — tensiunea instantanee.

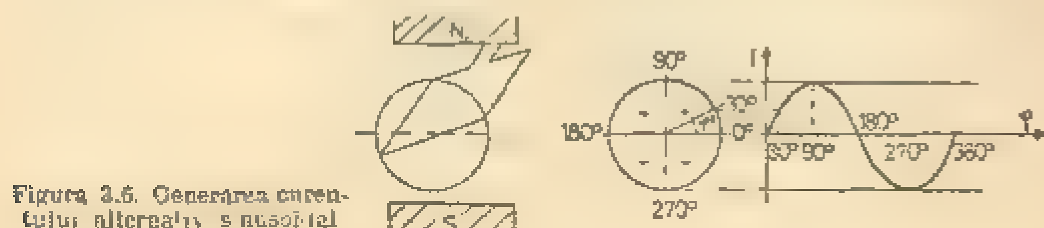



Figura 3.6. Generarea curentului alternativ sinusoidal

Dacă avem $f$ rotaţii pe secundă, atunci rotorul a parcurs un arc ce măsoară $2\pi f$. Această mărime se numeşte frecvenţă unghiulară şi se notează cu ω (omega).



Figura 3.7. Valoarea efectivă

$$\omega = 2\pi \cdot f$$

*Valoarea efectivă (eficace).* Valoarea efectivă este valoarea tensiunii alternative care produce acelaşi efect caloric într-o rezistenţă, ca o anumită valoare a tensiunii continue. [illegible] în mod curent se numeşte tensiune alternativă de 220 V este valoarea efectivă a tensiunii din reţeaua de curent alternativ şi se notează $u_{ef} = 220$ V.

Între valoarea maximă a tensiunii alternative numită şi valoare de vîrf şi valoarea efectivă există relaţia

$$u_{ef} = \frac{u_{max}}{\sqrt{2}}$$

Valoarea efectivă este aproximativ 70 %, sau mai precis 70,7 % din valoarea maximă.

## 3.5. Valoarea medie.

Dacă vrem să măsurăm tensiunea alternativă cu aparate [illegible] instrument de măsură [illegible] nu va putea [illegible] Instrumentul [illegible] face o medie a forţelor care îl acţionează şi [illegible] proporţională cu *intensitatea medie* a curentului.

Nu vom da relaţia matematică ce duce la rezultat, ci vom spune numai că valoarea medie a intensităţii curentului pe o jumătate de perioadă este suprafaţa închisă de partea pozitivă a [illegible] şi se calculează cu $I_m = \frac{2I}{\pi} = 0{,}36\ I$.

Dacă vom măsura valoarea medie pe întreaga perioadă, aria negativă compensează aria pozitivă şi vom obţine 0.

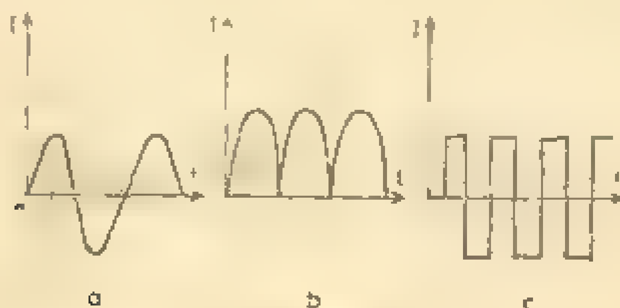


Fig. 3.5 –

Dacă amplitudinea maximă a curentului este $I$ [illegible] 1 A, atunci valoarea medie pe o jumătate de perioadă este [illegible]

În acest capitol [illegible] formulele [illegible] Acum vă [illegible] asupra [illegible] şi apoi veţi încerca să răspundeţi la întrebările care urmează.

## Întrebări de control

1. Care este deosebirea dintre curentul alternativ şi curentul continuu?
2. Ce se înţelege prin [illegible] frecvenţă?
3. Ce se înţelege prin [illegible] frecvenţă?
4. Care este relaţia dintre frecvenţă şi perioadă?
5. Ce este frecvenţa unghiulară?
6. Ce se înţelege prin valoarea efectivă?
7. [illegible] comparaţi cu răspunsurile de mai jos.

## Răspunsuri

1. [illegible] alternativ direcţia de mişcare a particulelor [illegible]
2. [illegible] o perioadă completă [illegible] sau de o oscilaţie completă [illegible]
3. [illegible] frecvenţa [illegible] kHz [illegible] Frecvenţa [illegible]
4. Relaţia între perioadă şi frecvenţă este $T = \frac{1}{f}$ sau $f = \frac{1}{T}$.
5. Frecvenţa unghiulară se [illegible] formula $\omega = 2\pi f$ [illegible]
6. [illegible] efect caloric într-o rezistenţă.

## Teste

1. Cu ce literă s-a notat perioada?
2. Cu ce literă a fost notată valoarea efectivă?
3. Cu ce literă a fost notată valoarea instantanee?
4. Care [illegible] sînt alternative?
5. În ce domeniu de frecvenţe [illegible]?
   a. Frecvenţe joase
   b. Frecvenţe înalte
   c. Frecvenţă vocală
6. Care este valoarea de vîrf a unei tensiuni alternative de 100 Vef?
   a. 70,7 V
   b. 141,4 V
   c. 220 V
7. Care este lungimea de undă a unei oscilaţii de 10 MHz?
   a. $\lambda = 1$ km
   b. $\lambda = 30$ m
   c. $\lambda = 10$ m
   d. $\lambda = 100$ m

## Răspunsuri

1 $T$, 2 $U_{ef}$, 3 $u$, 4a, 5b, 6b, 7b

*Tabelul 3.1*

**Benzile de frecvenţă**

| | | |
|---|---|---|
| 3—30 kHz | unde miriametrice | VLF very low frequency |
| 30—300 kHz | unde kilometrice | LF low frequency |
| 300—3000 kHz | unde hectometrice (medii) | MF medium frequency |
| 3—30 MHz | unde decametrice | HF high frequency |
| 30—300 MHz | unde metrice | VHF very high frequency |
| 300—3000 MHz | unde decimetrice | UHF ultra high frequency |
| 3—30 GHz | unde centimetrice | SHF super high frequency |
| 30—300 GHz | [illegible] | EHF extremely high frequency |

*Problemă*

Calculaţi lungimea [illegible] benzilor de frecvenţă din tabelul 3.1

*Exemplu:* $= \frac{300\ m}{f\ (MHz)} = \frac{300\ m}{10\ MHz} = 30\ m$

Verificaţi rezultatele cu nomograma dată.

Capitolul 4

# Relații între tensiune și curent

Dup[illegible] am fă[illegible] mărimile fundamentale ale electrotehnicii [illegible] electrice, tensiunea și intensitatea curentului, și [illegible] caracteristice ale curentului alternativ (frecvența și perioada). Vom [illegible] relațiile între tensiune și curent. Cunoaștem câteva relații

$$Q = I \cdot t \qquad 1\ \mathrm{C} = 1\ \mathrm{As}$$

$$f = \frac{1}{T} \qquad 1\ \mathrm{Hz} = \frac{1\ \text{perioadă}}{\mathrm{s}}$$

## 4.1. Legea lui Ohm

Să facem [illegible] D[illegible] în serie [illegible] crește [illegible]. Aceasta este o dovadă că prin filamentul becului trece un curent mai mare.




Fig. 4.1. [illegible]

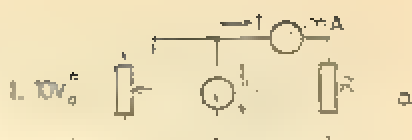
Se spune că materialul din care e construit filamentul becului se opune trecerii curentului electric. Această opoziție se datorește rețelei atomice și electronilor liberi din care este format materialul conductor. Fenomenul este numit rezistență. În general rezistența se notează cu $R$, iar unitatea de măsură este 1 Ohm, sau 1 Ω.

Unitatea de măsură 1 Ω corespunde rezistenței opuse de un conductor la ale cărui capete se aplică o tensiune de 1 V și prin care circulă un curent de 1 A. Definiția metrologică este:

1 Ohm este rezistența prezentată de un fir conductor omogen la ale cărui capete se aplică o tensiune de 1 V și prin care se scurge un curent de 1 A. Temperatura, tensiunea și curentul trebuie să fie perfect constante.

Vom face o experiență pentru determinarea relației între tensiunea și intensitatea curentului electric.

În figura alăturată rezistența fixă de 10 Ω este conectată la o tensiune variabilă între 1 și 10 V. Pe cele două instrumente vom măsura următoarele valori:




| | | | |
|---|---|---|---|
| $U =$ 1 V | 3 V | 5 V | 10 V |
| $I =$ [illegible] A | [illegible] | [illegible] | 1 A |

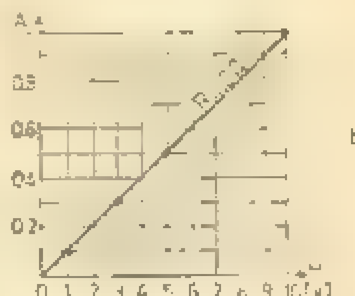



Fig. 4.2. [illegible] pentru deter[illegible] experimental [illegible]

Tab[illegible] și [illegible] că tensiunea este direct proporțională cu curentul.

$$I = aU$$

Factorul de proporționalitate [illegible] este tocmai rezistenț[illegible] $R$ și în [illegible] putem scrie legea descoperită de Georg Simon Ohm (17[illegible]). Deși [illegible] început a fost [illegible] cu [illegible] științifică a vremii, legea lui Ohm a devenit [illegible] electrotehnic[illegible]. Matematic [illegible] se formulează astfel:

$$U = R \cdot I$$

D[illegible] cu ajutorul rezistenței putem [illegible] legătura dintre tensiune și curent.

Pentru a înțelege mai bine această lege, să rezolvăm câteva probleme practice:

1. [illegible] pentru ca prin el să treacă un curent de 100 mA?

Se dă. $R = 30\ \Omega$, $I = 100$ mA

Se cere. $U$ = tensiunea în volți

*Rezolvare:* $U = R \cdot I$; $U = 30 \cdot 0{,}1 = 3$ V

2. Într-un circuit se măsoară un curent de 20 [illegible] la aplicarea unei tensiuni de 30 V. Care este rezistența acestui circuit?

Se dă: $I = 20$ mA $= 0{,}02$ A $\qquad U = 30$ A

Se cere. rezistența în ohmi

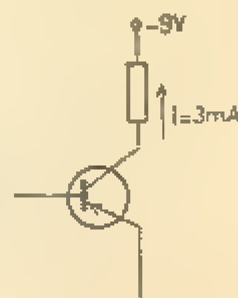
*Rezolvare.* $U = R \cdot I \qquad R = \dfrac{U}{I} = \dfrac{30\ \text{V}}{0{,}02\ \text{A}} = 1\,500\ \Omega$

$R = 1500\ \Omega = 1{,}5$ kΩ

Se poate [illegible] pentru [illegible] practice că $\dfrac{1\ \text{V}}{1\ \text{mA}} = 1\ \text{k}\Omega$

Se cere rezistența de sarcin[illegible] tranzistorul amplificator [illegible] la tensiunea de 9 V și pe rezistenț[illegible] din tensiunea aplicată [illegible] un curent de 3 mA.

Dacă [illegible] un curent de 3 mA și pe ea [illegible] să cadă o jumătate din tensiunea de lucru, atunci




$$R = \frac{4{,}5\ \text{V}}{3\ \text{mA}} = 1{,}5\ \text{k}\Omega$$

Fig. 4.3. Exemplu practic

## 4.2. Puterea electrică

La trecerea unui curent printr-o rezistență se obține un efect caloric. Acest efect stă la baza funcționării fierului de călcat, a radiatorului electric sau a becului incandescent. Cu cît tensiunea și curentul sînt mai mari, cu atît puterea consumată este mai mare. Definim puterea electrică ca produsul dintre tensiune și curent.

$$P = U \cdot I$$

Unitatea de măsură corespunzătoare acestui produs: Volt·Ampere (VA) și se numește watt (W) în cinstea inventatorului englez James Watt (1736–1819)

$$1\ \text{W} = 1\ \text{V} \cdot 1\ \text{A} = 1\ \text{VA}$$

M[illegible] și s[illegible] sînt:

1 Megawatt = 1 MW = $10^{6}$ W = 1 000 000 W

1 kilowatt = 1 kW = $10^{+3}$ W = 1 000 W

1 miliwatt = 1 mW = $10^{-3}$ W = [illegible] W

1 microwatt = 1 μW = $10^{-6}$ W = [illegible] W

[illegible]

Cu ajutorul legii lui Ohm, puterea se poate calcula și astfel:

$$P = U \cdot I = RI \cdot I = RI^2 \qquad P = RI^2$$

$$P = U \cdot I = U \cdot \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R} \qquad P = \frac{U^2}{R}$$

*Exemple:*

1. Care este puterea disipată de o rezistență de catod a unui tub electronic, dacă pe rezistență cade o tensiune de 6 V și prin ea circulă un curent de 10 mA?

Se dau: $U = 6$ V; $I = 10$ mA

Se cere: puterea în W

*Rezolvare:* $P = U \cdot I$  $P = 6\ \text{V} \cdot 10\ \text{mA} = 60\ \text{mW} = 0{,}060\ \text{W} = 60\ \text{mW}$

2. Pentru [illegible] se măsoară o tensiune de 30 V [illegible] 60 Ω. Ce putere [illegible] torul?

Se dau: $R = 60\ \Omega$, $U = 30\ \text{V}_{ef}$.

Se cere: puterea în W

*Rezolvare:*

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{30\ \text{V} \cdot 30\ \text{V}}{60\ \Omega} = 15\ \text{W}$$

## 4.3. Energia electrică

Ca şi în mecanică, lucrul electric (W — Work) este cu atît mai mare, cu cît puterea se consumă în mai mult timp. Lucrul electric este numit energie, se notează cu $W$. Energia se calculează cu formula:

$$W = P \cdot t$$

Dacă transformăm în unităţi electrice, obţinem următoarea formulă:

$$W = U \cdot I \cdot t$$

Unitatea de măsură rezultă chiar din această formulă. Dacă înlocuim în formulă unităţile de bază pentru tensiune, curent şi timp (Volt, Amper, secunde), obţinem unitatea de energie VAs sau Ws (wattsecundă). Unitatea de măsură este watt secunda (sau Joule), dar uzual este kilowatt(ul) oră.

*Exemple:*

1. Cîţi ws are un kWh?

*Rezolvare:*

1 kWh = 1 000 W · 3 600 s = 3 600 000 Ws

2. Un receptor [illegible] 60 W. Care este consumul total al receptorului, dacă [illegible] este lăsat să funcţioneze din greşeală 10 h [illegible]?

*Rezolvare:*

$W = P \cdot t = 60$ W · 10 h = 600 Wh = 0,6 kWh

## TEST. Noţiuni elementare de electrotehnică

**1. Care dintre următoarele formule este greşită?**

a. $U = R \cdot I$

b. $R = \frac{U}{I}$

c. $F = \frac{1}{T}$

d. $Q = I \cdot t$

2. Ordonaţi unităţile de măsură după mărimile pe care le măsoară.

| Mărimea | Unitatea de măsură |
|---|---|
| a. Sarcina electrică | f. Watt |
| b. Intensitatea electrică | g. Volt |
| c. Tensiunea | h. Amper |
| d. Frecvenţa | i. Hertz |
| e. Puterea | j. Coulomb |

Care este ordinea corectă?

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | aj | bk | cg | di | ef |
| 2. | aj | bg | ch | di | ef |
| 3. | ah | bj | cg | di | ef |

3. Într-un circuit simplu rezistența rămîne constantă. Ce se întîmplă cu curentul, dacă tensiunea se dublează?

a. Rămîne același
b. Se dublează
c. Scade la jumătate
d. Se triplează

4. Într-un circuit tensiunea rămîne constantă, iar rezistența scade la jumătate. Ce se întîmplă cu intensitatea curentului?

a. Rămîne aceeași
b. Scade la jumătate
c. Se dublează

5. Care este relația de definiție a unității de măsură pentru rezistență în kΩ?

a. $1\ k\Omega = \frac{1\ V}{1\ A}$

b. $1\ k\Omega = \frac{1\ V}{1\ mA}$

c. $1\ k\Omega = \frac{1\ mA}{1\ V}$

6. Dacă ne este cunoscută rezistența unui consumator și intensitatea curentului care trece prin ea, se poate calcula puterea consumată?

a. $P = I \cdot R$

b. $P = \frac{I \cdot R^2}{2}$

c. $P = R \cdot I$

7. Pentru calculul energiei folosim formula:

a. $W = U \cdot I$

b. $W = U \cdot I \cdot t$

c. $C = \frac{P}{t}$

8. Dacă pe o rezistență cunoscută măsurăm numai tensiunea, putem afla puterea disipată pe ea fără să cunoaștem curentul? Ce formulă folosim?

a. $P = \frac{U}{R}$

b. $P = U \cdot R$

c. $P = U^2 \cdot R$

d. $P = \frac{U^2}{R}$

Ați rezolvat mai mult de șase probleme? Comparați rezultatele!

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| b | 1 | b | c | b | c | b | d |

Capitolul 5

# Rezistența electrică

După ce am aflat care sînt relațiile dintre tensiune și curent, și am definit rezistența cu ajutorul legii lui Ohm, vom trece la descrierea dispozitivelor construite special pentru a prezenta o anumită rezistență. Acestea se numesc rezistoare, dar în practică sînt cunoscute sub numele de rezistențe.

Cum se explică fenomenul de rezistență?

Curentul electric circulă datorită mișcării purtătorilor de sarcini (electroni). Prin izolator nu circulă curent deoarece electronii sînt foarte legați de nucleul atomilor. În metale electronii de valență se mișcă liber chiar la temperatura camerei și sînt în număr destul de mare pentru a fi purtători de sarcină. Într-un $cm^3$ de cupru sînt cca $10^{23}$ electroni liberi. Dar pentru a circula, electronii trebuie să pătrundă printre atomii metalului care nu sînt ficși, ci vibrează față de o anumită poziție. În drumul lor electronii se ciocnesc de atomi, iar viteza lor scade. Putem spune că metalul opune o rezistență față de scurgerea curentului electric și aceasta este rezistența electrică.

## 5.1. Rezistența specifică

Mărimea valorii unei rezistențe depinde de lungimea conductorului și de suprafața secțiunii lui. În afară de aceasta, rezistența depinde și de material, fiindcă se deosebesc materiale mai bune sau mai rele conducătoare de electricitate. Pentru fiecare material există o constantă de material $\rho$ numită **rezistența specifică**.

Ținînd seama de cele spuse, rezistența se calculează cu formula

$$R = \frac{\rho l}{s}$$

unde rezistența $R$ se dă în ohmi, lungimea $l$ în metri și suprafața $s$ secțiunii în milimetri pătrați.

Din relația de mai sus obținem relația dimensională pentru rezistența specifică:

$$\rho = \frac{R \cdot s}{l}$$

*Exemplu.* Înfășurarea secundară a unui transformator este formată dintr-o sîrmă de cupru emailat cu diametrul $d = 0,3$ mm, lungimea $l = 500$ m și rezistența specifică $\rho = \frac{0,0179\ \Omega\ mm^2}{m}$

a. Ce rezistență ohmică prezintă înfășurarea?
b. Ce tensiune cade pe înfășurare dacă prin ea circulă un curent de 0,1 A?

*Rezolvare*

a. Suprafața secțiunii conductorului este:

$$s = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14}{4} \cdot 0,09 = 0,070\ mm^2$$

Rezistența firului este:

$$R = \rho \frac{l}{s} = 0,0179 \cdot \frac{500}{0,070}\ \Omega = 127,8\ \Omega$$

b. Cu ajutorul legii lui Ohm calculăm tensiunea ce cade pe înfășurare:

$$U = R \cdot I = 127,8 \cdot 0,1 = 12,78\ V$$

Uneori în loc de rezistență specifică $\rho$ se dă conductivitatea care este inversa rezistenței specifice și se calculează cu $\chi = \frac{1}{\rho}$.

Pentru cupru avem $\chi = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{0,0179} = 56$

## 5.2. Clasificarea rezistoarelor

Rezistoarele se împart în următoarele categorii:

— *Rezistoare fixe.* Acele componente a căror valoare este odată stabilită în procesul de fabricare.

— *Rezistoare reglabile* numite și potențiometre sau trimere. Rezistența acestora este variabilă în limite prestabilite cu ajutorul unui contact mobil numit cursor.

— *Rezistoare neliniare.* Valoarea acestora depinde de schimbarea condițiilor de funcționare precum temperatura, tensiunea, iluminarea, etc.

Printre rezistoarele fixe se numără: rezistorul cu pelicula de carbon, rezistorul cu pelicula de oxid metalic, rezistorul cu strat metalic și rezistorul bobinat.

Rezistoarele cu peliculă de carbon sînt formate dintr-un suport izolant acoperit cu un strat subțire de carbon (1 ... 10 μm). Pelicula este protejată

Fig. 5.1. Simboluri pentru rezistoare: a — rezistor ohmic fix; b — potențiometru; c — rezistor semireglabil (trimer); d — rezistor cu prize fixe; e — rezistor bobinat; f — element de încălzire; g — termistor; h — varistor

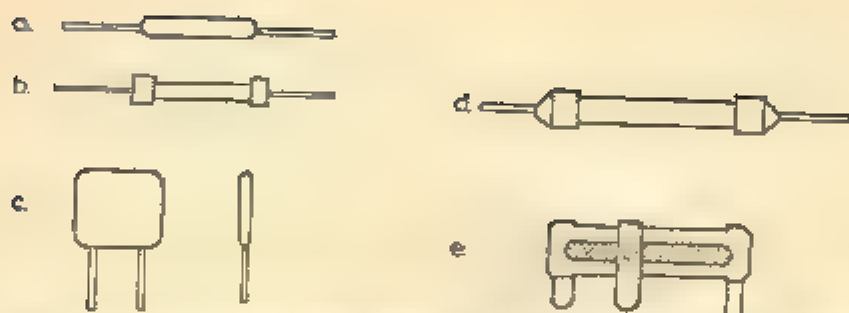



Fig. [illegible] Tipuri con[illegible] de rezistoare: *a* — rezistor pelicular; *b* — rezistor peliculi cu căpăcele; *c* — rezis[illegible]; *d* — rezistor bobinat [illegible]; *e* — rezistor bobinat de putere, cementat.

cu un strat de lac sau plastic după care se marchează valoarea rezis[illegible] cu ajutorul unui cod de culori sau [illegible]. Aceste rezistoare se [illegible] în montaje unde se poate [illegible] putere de circa 2 W. Valoarea lor este cuprinsă de obicei între 1 Ω și 10 MΩ.

La rezistoarele cu peliculă meta[illegible] elementul rezistiv este un strat de metal [illegible] de mare rezistență. Aceste rezis[illegible] se folosesc în mon[illegible] profesionale unde este nevoie de o mare precizie [illegible].

Rezistoarele [illegible] se [illegible] pot disipa puteri mai mari [illegible] Valorile lor au [illegible] între 10 Ω și 1 MΩ.

Rezistoarele [illegible] sînt f[illegible] de dintr-un fir rez[illegible] suport izolant de [illegible] ceramic [illegible] rezist[illegible] dar se [illegible] fre[illegible].

Rezistoarele reglabile [illegible] rezist[illegible] poziția [illegible] cursor. Au trei borne de legătură [illegible] cursorului.

După modul de variație, potențiometrele [illegible] liniare, logaritmice sau exponențiale, cu sau fără întrerupător.

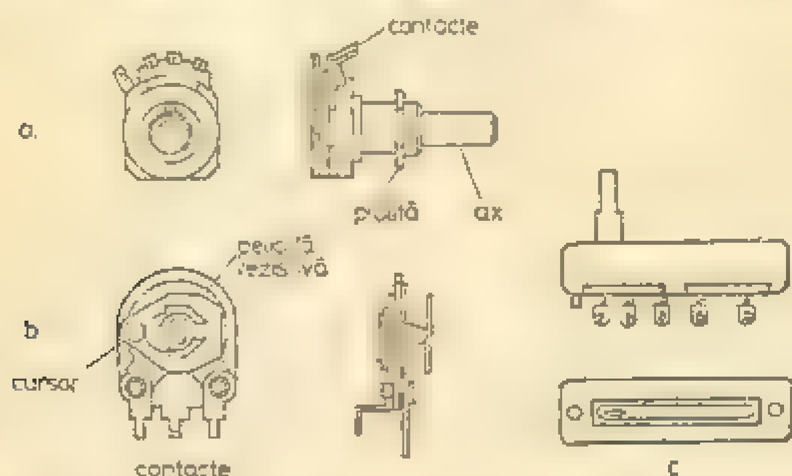



Fig. 5.3. Potențiometre: *a* — potențiometru [illegible] peliculă de carbon; *b* — potențiometru [illegible] cu peliculă de carbon [illegible]; *c* — potențiometru rectiliniu.

La potențiometrele liniare rezistența variază proporțional cu unghiul de rotație al rotorului, de exemplu la jumătatea unghiului de rotație corespunde jumătatea valorii rezistenței. Se utilizează frecvent în radiotehnică.

Potențiometrele logaritmice se utilizează mai ales în tehnica audio.

## 5.3. Simboluri grafice. Marcarea rezistoarelor

La simbolul rezistorului se adaugă diferite segmente de dreaptă care indică puterea disipată (fig. 5.4).

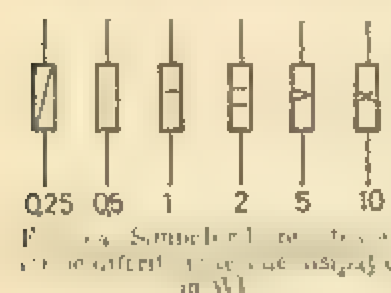


Fig. 5.4. Simbolurile rezistoarelor cu indicarea puterii disipate (în W)

La început valorile se notau prin tipărire, dar operația era dificilă și cerea ca rezistoarele să fie astfel montate, încît să se poată citi. Acest mod de notare și montaj este dificil mai ales cînd montajul se face automat. Alt dezavantaj îl constituie dimensiunile mereu mai mici ale rezistoarelor. De aceea s-a ajuns la crearea unui cod de culori valabil pe scară internațională.

*Tabelul 5.1*

| | Culoarea | negru | maro | roșu | portocaliu | galben | verde | albastru | violet | gri | alb | auriu | argintiu | fără culoare |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | Prima cifră semnificativă | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | — | — | — |
| B | A doua cifră semnificativă | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | — | — | — |
| C | Coeficient de multiplicare | 1 | $10^1$ | $10^2$ | $10^3$ | $10^4$ | $10^5$ | $10^6$ | $10^7$ | $10^8$ | $10^9$ | $10^{-1}$ | $10^{-2}$ | |
| D | Toleranță % | — | ±1 | ±2 | — | — | — | — | — | — | — | ±5 | ±10 | ±20 |

Valoarea rezistenței este marcată astfel: primele două inele semnifică valoarea rezistenței, al treilea indică coeficientul de multiplicare, iar ultimul toleranța. Pentru a afla ordinea de citire, trebuie să reținem că întotdeauna primul cerculeț este mai aproape de un capăt al rezistorului decît al doilea. La rezistoarele de precizie mai există și un al cincilea cerculeț care arată variația rezistenței cu temperatura.

Dacă *A* — Orange, *B* — Alb; *C* — Roșu; *D* — Argintiu, valoarea este $39 \cdot 10^3 = 39$ kΩ și 10% toleranța.

În figura [illegible] am arătat cum se utilizează codul culorilor pentru rezistoare. Toleranța de 10% arată că $R_{max} = 39\ k\Omega + 3,9\ k\Omega = 42,9\ k\Omega$; $R_{min} = 39\ k\Omega - 3,9\ k\Omega = 35,1\ k\Omega$.

Trebuie adăugat că nu se găsesc orice valori de rezistență și valorile lor sînt standardizate numai pentru anumite valori determinate. Schemele de montaj se calculează precis, după care se aleg valorile din seria standardizată.

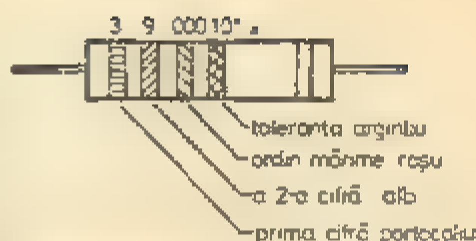



Fig. [illegible] Exemple de utilizare a codului culorilor

Conform recomandărilor CEI[1], există trei serii de valori, E6, E12 și E24, valori corespunzătoare toleranțelor de ±20%, ±10% și ±5%. Pentru rezistențele de precizie există seriile E48 (±2%), E96 (±1%) și E192 (±0,5%). Valorile nominale formează șiruri zecimale.

Pentru necesitățile radioamatorilor există seria E12 care cuprinde 12 valori cu toleranțe de 10% căreia i se atașează ordinul de mărime. În continuare vom prezenta acest șir cu un exemplu de utilizare.

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,0 | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 2,2 | 2,7 | 3,3 | 3,9 | 4,7 | 5,6 | 6,8 | [illegible] |
| 10 | 12 | 15 | 18 | 22 | 27 | 33 | 39 | 47 | 36 | 68 | [illegible] |
| 100 | 120 | 150 | 180 | 220 | 270 | 330 | 390 | 470 | 560 | 680 | [illegible] |

Aceste rezistențe își plasează valorile între 1 Ω și 10 MΩ dacă se observă că un șir are termenii între 1 și 10.

Șirul E 24 conține 24 de valori de rezistențe cu o toleranță de 5%. Într-o decadă sînt următoarele valori: 1,0 1,1 1,2 1,3 1,5 1,6 1,8 2,0 2,2 2,4 2,7 3,0 3,3 3,6 3,9 4,3 4,7 5,1 5,6 6,2 6,8 7,5 8,2 9,1.

## 5.4. Rezistoare neliniaro

*Termistoare.* Termistoarele sînt rezistoare a căror valoare variază mult cu temperatura. După variația acestor rezistențe există termistoare cu coeficient de temperatură negativă (NTC) și cu coeficient de temperatură pozitivă (PTC). La termistoarele PTC rezistența lor crește odată cu temperatura. Acestea sînt folosite ca traductoare sau protecții la scurtcircuit. În caz de scurtcircuit, curentul în termistor crește, temperatura sa crește și, ca urmare, crește foarte mult și rezistența electrică, exercitînd astfel protecția. Termistoarele NTC conduc mai rău în stare rece decît în stare încălzită. Rezistența lor se micșorează odată cu creșterea temperaturii. Acestea se utilizează pentru limitarea curentului inițial din becurile cu incandescență sau din filamentul incandescent.

Pentru cei interesați adăugăm că termistoarele NTC se fabrică din oxizi de crom, nichel, mangan, fier, cobalt care devin semiconductori prin adăugare de titan sau litiu.

[1] CEI — Comitetul Electrotehnic Internațional

Pentru a calcula valoarea unei rezistențe în intervalul de temperatură $\Delta T$ se poate utiliza relația:

$$R = R_n \pm \alpha \Delta T R_n = R_n \pm \Delta R_n$$

De aici se vede că termenul $\Delta R_n$ poate fi pozitiv PTC sau negativ NTC.

*Varistoare*. Varistoarele sînt dispozitive a căror rezistență electrică descrește odată cu tensiunea aplicată. La aplicarea unei tensiuni mici, curentul rămîne mic, dar la o tensiune mai mare curentul crește rapid, iar rezistența scade. Varistoarele se utilizează în etajele de stabilizare, [illegible] și pentru protecția la supratensiuni.

## Întrebări și răspunsuri

Pentru a fixa cunoștințele de mai sus [illegible]

1. De ce metalele sînt bune [illegible] de electricitate și [illegible]

*Răspuns*. [illegible] mici, iar cîmpul electric le ordonează mișcarea.

2. Care sînt parametrii care caracterizează rezistența [illegible]?

*Răspuns*. Rezistența depinde de materialul [illegible] sa transversală.

3. Ce se înțelege prin NTC și PTC?

*Răspuns*. NTC [illegible]

4. Ce fel de rezistențe fixe cunoașteți?

*Răspuns*. [illegible]

5. Cînd se utilizează rezistoarele bobinate?

*Răspuns*. [illegible] numai în montaje de joasă frecvență.

6. Ce valoare are rezistorul [illegible] albastru gri galben argintiu?

*Răspuns*: $6,\ 8,\ 10^4,\ 10\% = 680\ k \pm 10\%$

7. Care sînt valorile [illegible] kΩ?

*Răspuns*: 10 12 15 18 22 27 33 39 47 56 68 82 kΩ

8. Ce se înțelege prin potențiometru logaritmic?

*Răspuns*. [illegible] logaritmic cu unghiul de rotație.

Și acum cîteva exerciții:

1. Care dintre valorile [illegible] 10%?

10 12 15 18 20 22 27 33 39 47 56 68 82

*Răspuns*. *a*. 15, *b*. 20; *c*. 56; *d*. 39

2. Cum este notată o rezistență de 18 kΩ ± 10%

*a*. maro gri roșu argintiu
*b*. maro violet portocaliu argintiu
*c*. maro gri portocaliu argintiu
*d*. negru gri roșu argintiu

3. Trebuie să alegem o rezistență între [illegible] și [illegible] kΩ. Ce valoare standardizată alegem?

*a.* 470 ± 5%; *b.* 470 ± 10%; *c.* 560 ± 5%; *d.* 560 ± 10%

4. Pentru reglajul de volum la un radioreceptor vom alege un potențiometru logaritmic sau liniar?

*a.* liniar
*b.* logaritmic

5. Ce valoare are rezistența marcată [illegible] roşu argintiu?
[illegible] ± 10%

6. Ce fel de rezistență reprezintă următorul simbol 


*a.* potențiometru
*b.* termistor
*c.* varistor

7. Cum este marcată o rezistență de 560 kΩ?

*a.* verde albastru galben argintiu
*b.* verde albastru roşu argintiu
*c.* verde violet portocaliu auriu
*d.* verde albastru galben auriu

8. [illegible] unui conductor este [illegible] față de [illegible] unui alt conductor. Cum va fi rezistența acestuia?

*a.* [illegible] mare
*b.* de 2 ori mai mare
*c.* un sfert din valoare
*d.* o jumătate din valoare

9. Dacă suprafața secțiunii unui conductor se dublează, rezistența sa:

*a.* se dublează
*b.* se micșorează la jumătate
*c.* se mărește de 4 ori
*d.* [illegible] 4 ori

10. O rezistență este marcată astfel: portocaliu portocaliu maro argintiu. Care sînt valoarea maximă și valoarea minimă?

| | | |
|---|---|---|
| *a.* | 297 | 330 |
| *b.* | 297 | 363 |
| *c.* | 320 | 340 |
| *d.* | 425 | 475 |

*Răspunsuri:*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *b* | *c* | | *b* | *b* | *b* | *a* | *c* | *b* | *b* |

Capitolul 6

# Gruparea rezistoarelor

În practică rezistoarele se utilizează în combinație cu alte rezistoare sau cu alte componente. Rezistoarele se pot conecta în două moduri: în serie și în paralel.

## 6.1. Gruparea rezistoarelor în serie

În figura de mai jos se observă modul de conexiune în serie a rezistoarelor: un capăt al primului rezistor se leagă la sursa de tensiune, cel lalt capăt se leagă cu începutul celuilalt rezistor, iar ultimul fir de conexiune se leagă la sursa de tensiune.

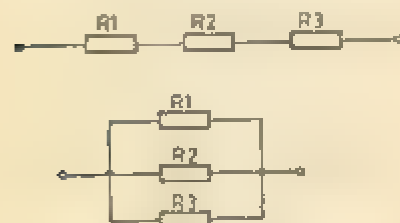



Fig. 6.1. Gruparea rezistoarelor în serie sau paralel

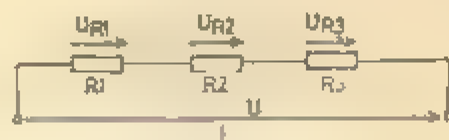



Fig. 6.2. Distribuția tensiunilor pe rezistoarele legate în serie

Dacă în acest circuit intercalăm un miliampermetru, vom măsura un curent care este același în orice punct al circuitului. Prin oricare din rezistoare circulă același curent și pe fiecare rezistor acest curent provoacă o cădere de tensiune, conform legii lui Ohm.

Suma tuturor căderilor de tensiune este egală cu tensiunea aplicată la bornele circuitului.

$$U = R \cdot I$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

și înlocuind cu valorile corespunzătoare avem

$$R \cdot I = R_1 I + R_2 I + R_3 I$$

Dacă simplificăm relația cu $I$ vom avea:

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

Ajungem la concluzia că la gruparea în serie a rezistoarelor, rezistența totală este suma rezistențelor componente.

*Exemplu.* Trei rezistoare 2 kΩ, 4 kΩ și 6 kΩ sînt [illegible] la o tensiune de 12 V. Să se [illegible] totală, [illegible] curent [illegible] pe fiecare rezistor?

Se dau: $R_1 = 2\ \text{k}\Omega$ $R_2 = 4\ \text{k}\Omega$ $R_3 = 6\ \text{k}\Omega$

$U = 12\ \text{V}$

Se cer:

a. rezistența totală $R$
b. intensitatea curentului $I$
c. căderile de tensiune $U_1$, $U_2$, $U_3$

*Rezolvare*

a. Schema este dată în figura [illegible].

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R = 2 + 4 + 6 = 12\ \text{k}\Omega$$

b. $I = \frac{U}{R} = \frac{12\ \text{V}}{12\ \text{k}\Omega} = 1\ \text{mA}$

c. $U_1 = R_1 I = 2\ \text{k}\Omega \cdot 1\ \text{mA} = 2\ \text{V}$

$U_2 = R_2 I = 4\ \text{k}\Omega \cdot 1\ \text{mA} = 4\ \text{V}$

$U_3 = R_3 I = 6\ \text{k}\Omega \cdot 1\ \text{mA} = 6\ \text{V}$

Verificare. $U_1 + U_2 + U_3 = 2\ \text{V} + 4\ \text{V} + 6\ \text{V} = 12\ \text{V}$

## 6.2. Divizor de tensiune

O aplicație practică a acestui mod de conexiune este divizorul de tensiune. Acest montaj se folosește [illegible] tensiuni.

Pentru mărimile din figură există relația de proporționalitate

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

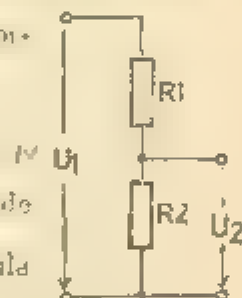


Fig. 6.8. Divizor de tensiune

În felul acesta putem calcula tensiunea care cade pe $R_2$.

Pentru divizorul de tensiune se poate utiliza și formula

$$\frac{U_1}{R_1 + R_2} = \frac{U_2}{R_2}$$

Pentru a calcula valoarea tensiunii reduse deducem relația:

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_1$$

Să ne întoarcem la exemplul nostru practic și să calculăm căderea de tensiune $U_2$:

$$U_2 = \frac{R_2}{R} \cdot U_1 = \frac{4\ \text{k}\Omega}{12\ \text{k}\Omega} \cdot 12\ \text{V} = 4\ \text{V}$$

Prin urmare $U_2 = 4$ V

Trebuie să observăm că pe un rezistor căderea de tensiune este cu atît mai mare cu cît rezistența este mai mare.

*Exemplu.* Cum putem măsura o tensiune de 10 V cu un voltmetru a cărui indicație maximă este 1 V pentru un curent de 100 μA?

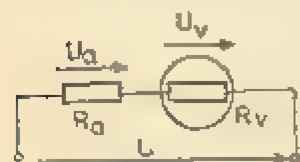


Fig. 6.4. Rezistența adițională a unui voltmetru

Pentru aceasta trebuie inserată o rezistență adițională $R_a$ a cărui valoare trebuie să o calculăm.

Se dau: $U = 10$ V; $U_V = 1$ V; $I = 100$ μA

Se cere: $R_a$

*Rezolvare:* conform legii lui [illegible] putem scrie

$$U = U_a + U_V$$

$$U_a = U - U_v = 10 - 1 = 9 \text{ V}$$

Deci pe rezistența adițională trebuie să cadă 9 V.

Aceasta va trebui să fie: $R_a = \frac{U_a}{I} = \frac{9 \text{ V}}{0{,}1 \text{ mA}} = 90 \text{ k}\Omega$

Problema se poate rezolva și astfel: din relația divizorului de tensiune avem

$$R_v = \frac{U_v}{I} = \frac{1 \text{ V}}{0{,}1 \text{ mA}} = 10 \text{ k}\Omega \text{ și}$$

$$\frac{U_a}{U_v} = \frac{R_a}{R_v}$$

$$R_a = \frac{U_a}{U_v} \cdot R_v = \frac{9 \text{ V}}{1 \text{ V}} \cdot 10 \text{ k}\Omega = 90 \text{ k}\Omega$$

## 6.3. Divizorul potențiometric

Potențiometrele prezentate mai înainte au proprietatea [illegible] a regla diferite [illegible]. Schema unui potențiometru poate fi reprezentată cu o schemă echivalentă formată din două rezistențe legate în serie.



Fig. 6.5. Schema echivalentă a divizorului potențiometric

*Exemplu:* Ce tensiune se culege pe cursorul unui [illegible] la bornele [illegible] o tensiune de 100 mV [illegible]

Se dau: $U = 100$ mV $R = 10$ kΩ $R_1 = 2{,}5$ kΩ $R_1 = 7{,}5$ kΩ

$$\frac{U_x}{U} = \frac{R_x}{R}$$

$$U_x = \frac{R_x}{R} \cdot U = \frac{7{,}5 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega} \cdot 100 \text{ mV} = 75 \text{ mV}$$

$$U_x = 75 \text{ mV}$$

În această lecție au fost mai multe calcule [illegible] nu va trebui să se descurajeze pentru că în practică [illegible] asemenea probleme care nu sînt complicate, dar trebuie stăpînite.

## Probleme

1. Un voltmetru poate măsura o tensiune maximă de 300 V prin el trecând un curent de 100 µA. Rezistența [illegible] este de 2 MΩ. Ce rezistență internă are voltmetrul și ce tensiune poate măsura fără rezistența adițională?

2. Pentru a construi un voltmetru [illegible] V avem la dispoziție un instrument de 0,5 mA. Căderea de tensiune pe instrument este 1 V. Ce trebuie să facem pentru a extinde domeniul de măsură?

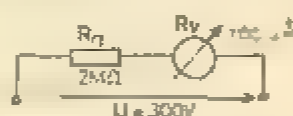


Fig. 6.6 Releu cu rezistență adițională



Fig. 6.7. Extinderea domeniului de măsură al unui voltmetru

Să se calculeze mărimea [illegible]

3. [illegible]

[illegible]

*Rezolvare:*

1. Se dau: $U = 300$ V $I = 0,1$ mA $R_a = 2$ MΩ

Se cer: $U_v$ și $R_v$

Soluție: $R = \frac{U}{I} = \frac{300\ V}{0,1\ mA} = 3000\ k\Omega = 3\ M\Omega$

$$R = R_a + R_v$$

$$R_v = R - R_a = 3 - 2 = 1\ M\Omega$$

$$U_v = R_v \cdot I = 1\ M\Omega \cdot 0,1\ mA = 1000\ k\Omega \cdot 0,1\ mA = 100\ V$$

$$U_v = 100\ V$$

2. Se dau: $U = 500$ V $I_v = 0,5$ mA

[illegible] o tensiune de 1 V, eroarea [illegible] este [illegible] o reprezintă o eroare foarte mică

$$U - U_v = 500 - 1 = 499\ V$$

Putem calcula rezistența [illegible]

$$R_a = \frac{500\ V}{0,5\ mA} = 1000\ k\Omega = 1\ M\Omega$$

Această rezistență disipă o putere de $P = U \cdot I = 500$ V $\cdot$ 0,5 mA [illegible] $= 0,25$ W

Observăm că avem nevoie [illegible]

3. Se dau: $U = 20$ V $R_r = 500$ Ω $U_r = 9$ V

Se cere. $R_a$

Soluție. $U_a = U - U_r = 20 - 9 = 11$ V

$$\frac{R_a}{R_r} = \frac{U_a}{U_r}$$

$$R_a = \frac{U_a}{U_r} \cdot R_r = \frac{11\ V \cdot 500\ \Omega}{9\ V} = 6,1\ k\Omega$$

Se alege rezistorul standardizat 5,6 kΩ

## Test

[illegible] prezentate în acest capitol, completaţi frazele din acest test.

1. [illegible] în serie [illegible] al primului rezistor se [illegible]
2. La gruparea în serie [illegible] prin rezistor este [illegible]
3. La gruparea în serie suma tuturor [illegible] de tensiune este egală cu [illegible].
4. La gruparea în serie ..... este egală cu suma [illegible].
5. La gruparea [illegible] sunt proporţionale cu [illegible].

*Răspunsuri*

[illegible] rezistoare componente.

# Gruparea rezistoarelor în paralel

În [illegible] și vom reține că,

[illegible]

2 [illegible]

3 [illegible] siunea totală: $U = U_1 + U_2 + U_3 + ...$

4. Rezistența totală este egală cu suma rezistențelor componente. $R = R_1 + R_2 + R_3$.

5 [illegible] tențele respective.

[illegible]

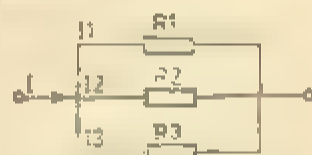
În [illegible] prez [illegible]

D[illegible]

[illegible]

[illegible]

Să presupunem că avem [illegible] de 2 [illegible] și [illegible] kΩ legat [illegible] 12 V [illegible]




[illegible] ralel a rezistoarelor

Observăm.

1 Prin fiecare [illegible]

2 Cu[illegible] total es[illegible] care [illegible] prin fiecare rez[illegible]

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

3 [illegible] comun[illegible]

Prin faptul că [illegible] spune că rezist[illegible] legate în para[illegible]

Dac[illegible] legii lui Ohm [illegible] $I_1$ [illegible]

$$I_2 = \frac{U}{R_2} \text{ și } I_3 = \frac{U}{R_3} \text{ avem}$$

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$$

Simplificînd relația de mai sus cu $U$ obținem:

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}$$

Se poate enunța regula: *Inversul rezistenței totale este egal cu suma inverselor* ***rezistențelor legate în paralel.***

*Exemplu.* Să se calculeze rezistența echivalentă și curentul total prin circuitul din figura 7.2.

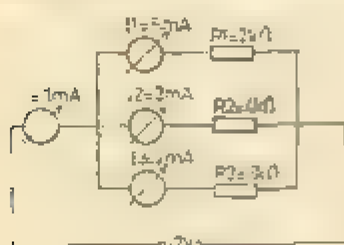


Fig. 7.2. Montaj experimental de grupare în paralel a rezistoarelor

**Se dau:** $R_1 = 2$ kΩ $R_2 = 4$ kΩ $R_3 = 6$ kΩ
$U = 12$ V

**Se cer:** rezistența echivalentă și curentul total.

**Soluție:**

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{2}+\frac{1}{4}+\frac{1}{6}$$

$$\frac{1}{R}=\frac{6}{12}+\frac{3}{12}+\frac{2}{12}=\frac{11}{12}$$

$$\frac{1}{R}=\frac{11}{12} \quad 11\,R = 12 \quad R=\frac{12}{11}\text{ k}\Omega = 1{,}1\text{ k}\Omega$$

$$I=\frac{U}{R}=\frac{12}{1{,}1}\approx 11\text{ mA}$$

*Se observă că* [illegible]*, iar* [illegible]

Această observație trebuie [illegible] pentru controlul [illegible] calcul.

În cazul a două rezistențe în paralel, avem relația $\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$. Aducînd la același numitor obținem [illegible] rezultă

$$R=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}$$

*Rezistența echivalentă a două rezistențe legate în paralel este produsul* [illegible] În cazul în care cele două rezistențe sînt egale, avem:

$$R=\frac{R_1R_1}{2R_1}=\frac{R_1}{2}$$

*Două rezistențe egale legate în paralel prezintă o rezistență echivalentă* ***egală cu jumătatea fiecăruia.***

Generalizînd pentru $n$ rezistențe [illegible] în paralel, $R=\frac{R}{n}$

Proprietatea rezistențelor legate în paralel de a [illegible] curentul se poate folosi pentru extinderea domeniului de măsură al unui ampermetru.

Curentul de măsurat [illegible] numai în parte prin instrument, iar cea mai mare parte [illegible] prin rezistența montată în paralel, rezistență numită șunt.

Dacă avem două rezistențe legate în paralel $R_1$ și $R_2$, curentul [illegible] printr-o ramură, spre exemplu $I_1$ este:

Fig. 7.3 [illegible] curent

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot I_2$$

*Exemplu:*

Se cere să se [illegible] ampermetru [illegible] m[illegible] amper. Rezistența internă a aparatului este [illegible] Ω.

Se dau: $I_i = 1$ mA $R_i = 50$ Ω $I_t = 10$ mA

Se cere: $R_s$

*Soluție:*

Rezistența [illegible]

$$R_s = \frac{U}{I_s}$$

Calculăm mai întâi tensiunea $U$

$$U = R_i \cdot I_i = 50\ \Omega \cdot 1\ \text{mA} = 50\ \text{mV}$$

Această tensiune se aplică și șuntului:

$$I_s = I - I_i = 10\ \text{mA} - 1\ \text{mA} = 9\ \text{mA}$$

$$R_s = \frac{U}{I_s} = \text{[illegible]}\ \Omega$$

Puterea disipată este:

$$P = U \cdot I_s = 50 \cdot 9\ \text{mA} = 0{,}45\ \text{W}$$

În practică [illegible] combinate [illegible] rezistențe [illegible] serie sau paralel.

*Exemplu:* 1.

[illegible]

Schema devine:



Fig. [illegible]

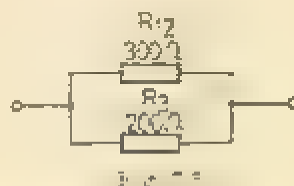


Fig. [illegible]

$$R = \frac{R_{1,2} \cdot R_3}{R_{1,2} + R_3} = \frac{\text{[illegible]}}{300 + 2\text{[illegible]}} = \text{[illegible]}\ \Omega$$



Fig. 7.6.

Mai întîi rezolvăm schema paralel

$$R_{2,3} = \frac{200 \cdot 300}{200 + 300} = 120\ \Omega$$

Schema devine:




Fig. 7.7.

$$R = R_1 + R_{2,3} = 100 + 120 = 220\ \Omega$$

Să facem acum o recapitulare a celor două moduri fundamentale de conexiune:

*Serie*




Fig. 7.8.

1. Curentul este același prin toate rezistoarele.

2. Tensiunea totală aplicată este egală cu suma căderilor de tensiune pe rezistoare.

3. Rezistența echivalentă este egală cu suma rezistențelor în serie

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

Pentru 2 rezistențe $R = R_1 + R_2$

Pentru $n$ rezistențe egale $R = n \cdot R_1$.

4. Tensiunile se află în același raport cu rezistențele:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

*Paralel*




Fig. 7.9.

1. Tensiunea este aceeași la bornele tuturor rezistoarelor.

2. Curentul total este egal cu suma curenților parțiali.

3. Inversul rezistențelor echivalente este egal cu suma inverselor rezistențelor componente.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Pentru 2 rezistențe în paralel

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Pentru $n$ rezistențe egale $R = R_1/n$.

4. Curenții se află în raport invers față de rezistență

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

5. Prin legarea în serie se obţine un divizor de tensiune.

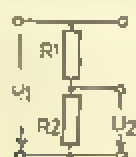



Fig. 7.10.

$$R_a = \frac{U - U_r}{I_a}$$

5. Prin legarea în paralel se obţine un divizor de curent.

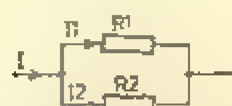



Fig. 7.11

$$R_s = \frac{U \cdot I}{I - I_1}$$

În încheiere iată o problemă ce o veţi întîlni des în practică.
Transformaţi următoarele mărimi.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| a) | în Amperi | 5,3 μA | 43 mA | 850 μA |
| b) | în Ohmi | 2,700 kΩ | 5,4 MΩ | 0,25 MΩ |
| c) | în Waţi | 0,2 kV, 50 mA | | 5 kV · 50 mA |

*Răspunsuri:*

*a)* 0,000 0053 A = $5,3 \cdot 10^{-6}$ A
0,043 A = $43 \cdot 10^{-3}$
0,00085 A = $85 \cdot 10^{-5}$ A

*b)* 2700 Ω
$5,4 \cdot 10^{6}$ = 5 400 000 Ω
$0,25 \cdot 10^{6}$ = 250 000 Ω

*c)* 10 W
250 W

Capitolul 8

# Condensatorul

## 8.1. Cîmpul electric

În cele ce urmează vom face cunoștință cu condensatorul și modurile sale de conexiune. Condensatoarele sînt folosite foarte des în aparatele electronice precum și în emițătoarele și receptoarele radio.

Un condensator este format din două suprafețe metalice așezate față în față între care se află un izolator numit dielectric.

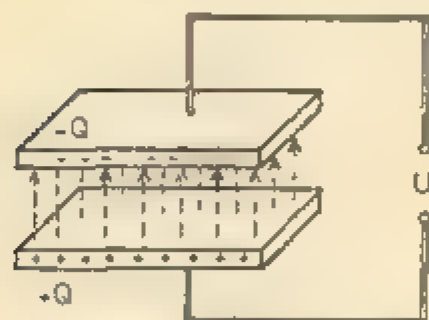



Fig. 8.1. [illegible]

Dacă cele două plăci ale condensatorului se leagă la o sursă de curent continuu între ele va apare un cîmp electric. Intensitatea acestui cîmp depinde de [illegible] și de distanța dintre plăci. Pentru cîmpul electric care ia naștere în condensator se poate scrie formula:

$$E = \frac{U}{d}$$

unde U este tensiunea de [illegible] în volți, iar

**d — distanța dintre plăci în metri**

Unitatea de măsură a cîmpului electric este $\frac{V}{m}$ adică Volt pe metru.

Cîmpul electric este cu atît mai mare cu cît tensiunea aplicată este mai mare și cu cît distanța dintre plăci este mai mică.

[illegible] dielectricul dintre plăci nu rezistă la tensiuni [illegible] se străpunge [illegible] de mare [illegible] condensator [illegible] tensiune [illegible] iar distanța dintre plăci nu este prea mică.

## 8.2. Capacitatea condensatorului

Între plăcile condensatorului există [illegible] care este aer sau un material izolant oarecare. [illegible] materialul izolant sînt legați puternic de nucleele atomice la apariția unei tensiuni [illegible] pe plăci [illegible]

T[illegible] a [illegible] creează un cîmp electric ale cărui linii de forță polarizează [illegible]. Apar astfel dipoli moleculari care [illegible] înmagazina sarcină electrică.

De fapt, apare o orientare a moleculelor care formează acești dipoli. Această orientare se păstrează un timp și după îndepărtarea tensiunii de pe plăci. Astfel în condensator se înmagazinează o cantitate de electricitate $Q$, iar această proprietate de înmagazinare se numește capacitate, $C$. Capacitatea este definită ca raportul între cantitatea de electricitate $Q$ și tensiunea aplicată la borne

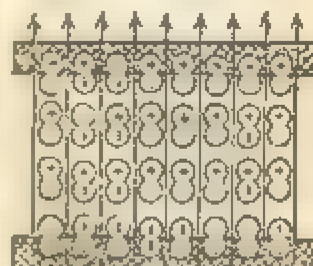


Fig. [illegible] Formarea dipolilor moleculari

$$C = \frac{Q}{U}$$

Formula se [illegible] scrie $Q = C \cdot U$.

Capacitatea $C$ depinde de mărimea suprafeței plăcilor condensatorului, de distanța $d$ dintre [illegible], precum și de materialul dielectric. Pentru [illegible] se definește [illegible] $\varepsilon_r$ [illegible] relativă $\varepsilon_r$ [illegible] $\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$ [illegible] condensator cu vid.

Capacitatea condensatorului [illegible] formula:

$$[illegible]$$

Unitatea de măsură a capacității provine din formula de definiție

$$C = \frac{Q}{U}$$

[illegible] unitatea de [illegible]. Această unitate este mult prea mare [illegible] și din această cauză se utilizează submultiplii săi:

1 microfarad $= 1\ \mu F = 10^{-6}\ F$

1 nanofarad $= 1\ nF = [illegible]$

1 picofarad $= 1\ pF = [illegible]$

## § 4 Gruparea condensatoarelor

Ca și rezistențele, condensatoarele se grupează în serie, paralel sau mixt.

În cazul [illegible] capacitatea rezultantă. Capacitatea totală este [illegible] suma capacităților conectate:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

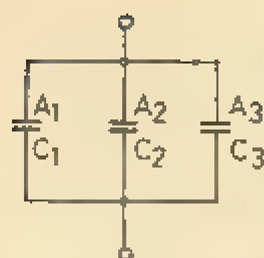


Fig. 8.3. Gruparea condensatoarelor în paralel

Se observă că la gruparea în paralel a condensatoarelor capacitatea totală se calculează asemănător cu rezistența totală a rezistoarelor legate în serie.

*Exemplu.* Care este capacitatea rezultată din legarea în paralel a condensatoarelor cu capacitățile $C_1 = 470$ pF, $C_2 = 220$ pF.

$$C = C_1 + C_2 = 470 \text{ pF} + 220 \text{ pF} = 690 \text{ pF}$$

Gruparea condensatoarelor în serie este echivalentă cu creșterea distanței între plăci și deci înseamnă o micșorare a capacității.

Relația de calcul este:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3};$$

relație asemănătoare celei cu care se calculează rezistența echivalentă a unor rezistențe grupate în paralel. Și aici trebuie să observăm că ne putem verifica rezultatul: capacitatea totală are o valoare mai mică decît cea mai mică dintre capacitățile folosite.

Deoarece nu sînt necesare calcule complicate vom prezenta algoritmul de determinare a capacității totale a unor condensatoare grupate în serie.

Să presupunem că avem trei condensatoare grupate în serie. Curentul de încărcare este I, iar toate condensatoarele vor primi cantitatea de electricitate Q. Tensiunea totală aplicată seriei de condensatoare este egală cu suma tensiunilor parțiale aplicate pe fiecare condensator:

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

Deoarece $U = \frac{Q}{C}$ relația de mai sus devine:

$$\frac{Q}{C} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2} + \frac{Q_3}{C_3}$$

Dacă $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$
putem simplifica cu $Q$ și obținem relația:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

Corespunzător a două rezistențe grupate în paralel avem și pentru calcul pentru două condensatoare grupate în serie:

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$



Fig. 8.4.

*Exemplu.* Să se calculeze capacitatea totală a condensatoarelor din figură.

Se dau $C_1 = 4$ µF, $C_2 = 3$ µF, $C_3 =$ [illegible] µF.

Mai întîi se calculează capacitatea condensatoarelor grupate în paralel:

$$C_{1,2} = 4 + 3 = 7 \text{ µF}$$

Apoi se calculează capacitatea condensatoarelor grupate în serie $C_1$ și $C_2$

$$C = \frac{7 \cdot 4}{7 + 4} = \frac{28}{11} = 2,5\ \mu F$$

*Observaţie.* Tensiunea cea mai mare se aplică pe condensatorul de cea mai mică valoare a capacităţii.

## 8.4. Condensatorul în curent continuu

Dacă pe plăcile unui condensator aplicăm o tensiune continuă acesta se încarcă. Un miliampermetru legat în serie cu condensatorul măsoară la început un curent de intensitate mare care apoi scade repede.

După cum se observă în diagramele de mai jos, condensatorul nu se încarcă brusc, ci urmează o anumită lege de variaţie. Până la atingerea valorii maxime se scurge un anumit timp şi pentru aceasta se defineşte timpul de încărcare. Timpul de încărcare se numeşte şi constanta de timp τ care este acea valoare de timp în care condensatorul se încarcă până la 63% din tensiunea aplicată la borne sau timpul în care curentul de încărcare scade până la 37% din valoarea iniţială.

Constanta de timp este dată de următoarea relaţie

$$\tau = RC$$

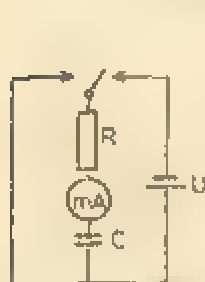



Fig. 8.5. Schema experimentală pentru încărcarea şi descărcarea unui condensator

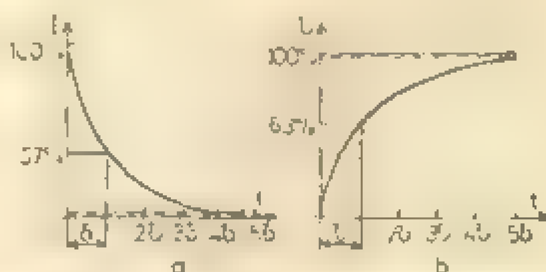



Fig. 8.6. Curbele de încărcare ale unui condensator: a — curentul; b — tensiunea

unde $R$ este rezistenţa circuitului de încărcare.

Constanta de timp se măsoară în secunde, cînd $R$ este dat în ohmi, iar $C$ în Farazi.

Se constată că după trecerea unui timp egal cu 5τ, condensatorul este practic încărcat (99% din tensiunea aplicată), iar curentul de încărcare reprezintă numai 1% din valoarea iniţială.

Procesul de descărcare este aproape identic.

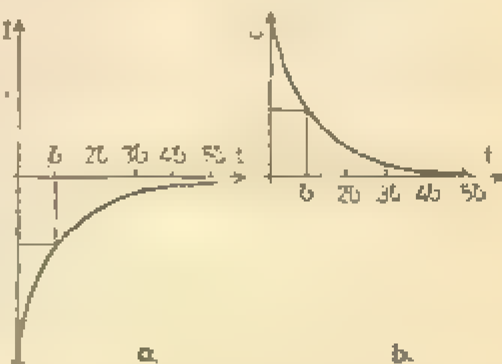



Fig. 8.7. Curbele de descărcare ale unui condensator: a—curentul, b — tensiunea.

Condensatorul încărcat la tensiunea $U$ se descarcă prin $R$, iar curentul are un sens contrar celui de încărcare. Constanta de timp $\tau$ se definește ca timpul scurs de la începutul descărcării până ce curentul ajunge la 37% din valoarea inițială. În figura ce urmează se dau curbele de variație ale tensiunii și curentului într-un proces de încărcare și descărcare [illegible].

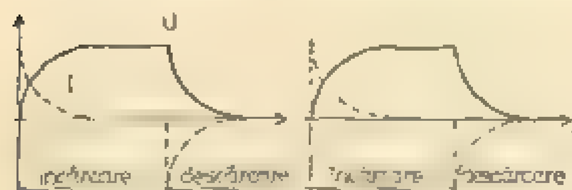



Fig. 8.8. Curbele de încărcare (a) și descărcare (b) periodică a unui condensator

*Exemplu.* Să se calculeze constanta de timp a unui condensator de [illegible] care se încarcă pe o rezistență de 100 kΩ.

*Soluție* $\tau = RC = 100 \cdot 10^{3} \cdot 10 \cdot 10^{-6} = 1\,000 \cdot 10^{-3} = 1$ s

[illegible]

## 8.5. Condensatorul în curent alternativ

Dacă legăm un condensator la o sursă [illegible]

$$X_c = \frac{U_c}{I_c}$$

Curentul $I_c$ este cu atât mai mare [illegible] alternativ" $\omega = 2\pi f$. În acest fel:

$$I_c = \omega C U_c$$

Atunci definim:

$$X_c = \frac{U_c}{I_c} = \frac{1}{\omega C}$$

Vom reține formula:

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C}$$

cu ajutorul căreia putem calcula reactanța capacitivă a condensatorului cunoscînd numai capacitatea sa și frecvența curentului alternativ aplicat. Pentru calculele rapide practice radioamatorilor se utilizează formula

$$X_c = \frac{159}{fC}$$

unde:

— la frecvențe joase $X_c$ se obține în ohmi, dacă frecvența este dată în kHz și $C$ în μF, iar

— la frecvența radio $X_c$ în kΩ, dacă frecvența este dată în MHz și $C$ în pF.

În această formulă va trebui să rețineți neapărat numărul 159.

*Exemplu.* Să calculăm reactanța unui condensator de 0,01 μF la 10 kHz și 100 kHz.

*Soluție* $X_c = \frac{159}{10 \cdot 0,01} = 1590\ \Omega$

$$X_c = \frac{159}{100 \cdot 0,01} = 159\ \Omega$$

Din această [illegible] problemă vom reține că *reactanța capacitivă este invers proporțională cu frecvența.*

Trebuie să mai știm că un condensator blochează curentul continuu în timp ce curentul alternativ trece prin el, [illegible] condensatorul [illegible]. De aceea el are multiple utilizări în circuitele electronice.

Spre deosebire de rezistență unde curentul și tensiunea sunt în fază, prin condensator curentul trece înaintea tensiunii. Acest decalaj se numește defazare. Dacă pe un condensator se aplică o tensiune alternativă, la început va circula un curent de încărcare destul de mare care scade pe măsură ce tensiunea crește.

Această defazare între tensiune și curent [illegible]

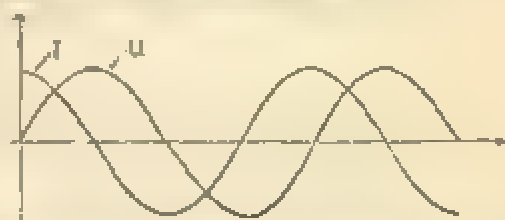



Fig. [illegible] condensator în regim alternativ

Deoarece nu putem apela la instrumente matematice, vom spune numai atît că rezistența este un număr real, iar reactanța un număr imaginar și decalajul dintre tensiune și curent se datorește acestei deosebiri.

Vom reține totuși: *prin condensator [illegible] tensiunii.*

## 8.6. Factorul de pierdere

Un condensator nu este niciodată ideal. [illegible] O mică parte se pierde în procesul [illegible] pierderile prin conducție, care depind de material și de frecvență. Pentru a ilustra aceste pierderi se poate imagina schema echivalentă a unui condensator real formată dintr-un condensator ideal

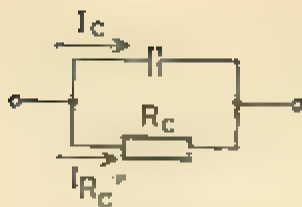



Fig. 3.10. Schema echivalentă a unui condensator real.

și o rezistență. Raportul curenților din cele două ramuri $I_R$ / $I_C$ este definit ca [illegible] re.

$$\frac{I_R}{I_C} = \frac{\frac{U}{R}}{\frac{U}{X_c}} = \frac{X_c}{R} = \frac{\frac{1}{\omega C}}{R} = \frac{1}{\omega R C} .$$

Acest factor de pierdere este foarte mic la condensatoarele moderne. În [illegible] vom [illegible] tive ale condensatorului, dar [illegible] de [illegible].

Test

1. Care dintre relațiile de mai jos este corectă?

a. $1\ nF = \frac{1}{1\,000}\ pF$ c. $1\ nF = 1000\ pF$

b. $1\ nF = \frac{1}{1\,000}\ \mu F$ d. $1\ nF = 0{,}001\ \mu F$

2. [illegible] pF [illegible] 300 pF [illegible] itatea totală.

a. 140 pF c. 350 pF

b. 275 pF d. 550 pF

3. [illegible] 22 pF [illegible]

a. 36 pF b. 44 pF c. 11 pF d. 66 pF

4. [illegible] de 4 pF [illegible] a ansamblului.

a. 175 pF c. 50 pF

b. 240 pF d. 47 pF

5. Care este [illegible] condensator de [illegible] o frecvență de [illegible] Hz?

a. 0,159 b. 159 c. 15,9 d. 1,59

*Răspunsuri*

1. c 2. d 3. c 4. c 5. b

Capitolul 9

# Forme constructive ale condensatorului

[illegible] constructive de condensatoare.

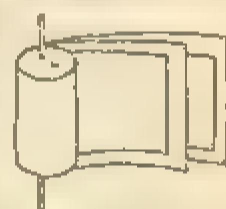
[illegible] capacitate fixă și condensatoare [illegible] mai ales prin natura dielectricului.

[illegible] lucru.

## 9.1. Condensatorul cu hîrtie

[illegible] joase și tensiuni mici.

[illegible] radioreceptoarelor.



[illegible]

## 9.2. Condensatoare cu hîrtie metalizată

Pe o folie de hîrtie impregnată se depune o pelicula foarte subtire (0,1 mm) din metal.

Prin acest procedeu se obține o capacitate mai mare. Aceste condensatoare au avantajul ca la o eventuală străpungere a dielectricului, apare o scînteie a cărei temperatură volatilizează stratul de metal din jur. În felul acesta locul defectului este curățat de metal, condensatorul putînd

funcţiona mai departe. Condensatoarele cu hîrtie se folosesc la antiparazitarea motoarelor, la îmbunătăţirea factorului de putere în reţelele cu lămpi fluorescente, la filtre şi pentru cuplaj sau decuplaj în joasă frecvenţă.

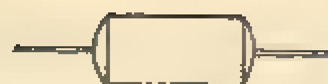


Fig. 9.2. Condensator cu hîrtie metalizată

## 9.3. Condensatoare cu peliculă din material plastic

Aceste condensatoare sînt foarte răspîndite în aparatura radio, de televiziune, audio şi curentele industriale. Drept armaturi se folosesc foiţe subţiri de aluminiu sau staniu depuse pe dielectrici din masă plastică, precum ar fi stiroflex (polistiren), mylar (polietilenă tereftalată) şi teflon (politetrafluoretilenă).

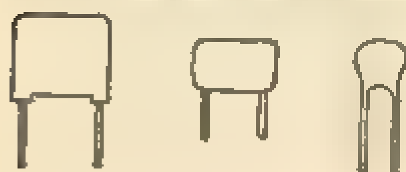


Fig. 9.3. Condensatoare cu peliculă din material plastic

Aceste condensatoare se acoperă cu material plastic sau cu tuburi metalice. Se comportă mult mai bine decît condensatoarele cu hîrtie, mai ales în regim de temperaturi mai înalte sau în condiţii grele de umiditate mare. Rezistenţa lor de izolaţie se situează între 100 şi 1 000 MΩ.

Marcarea acestor condensatoare se face în clar sau după sistemul culorilor. Tensiunea nominală se indică cu o culoare la o extremitate a condensatorului.

În continuare prezentăm codul culorilor pentru tensiuni: albastru — 2[illegible] $V_{cc}$; galben — [illegible] $V_{cc}$; roşu — [illegible] $V_{cc}$; verde — 250 $V_{cc}$; negru — 630 $V_{cc}$; negru — 1 000 $V_{cc}$.

## 9.4. Condensatoarele ceramice

Condensatoarele ceramice sînt formate dintr-un suport ceramic pe care s-au depus două straturi de argint. [illegible] condensatoare ceramice, în care se pot distinge [illegible]:

— condensatoare de tip 1 cu permitivitatea dielectrică [illegible];
— condensatoare de tip 2 cu permitivitatea dielectrică mare;
— **condensatoare ceramice multistrat.**

Condensatoarele ceramice de tip 1 au pierderi mici şi stabilitate bună a temperaturii, dar au valori mici, pînă la 220 pF.

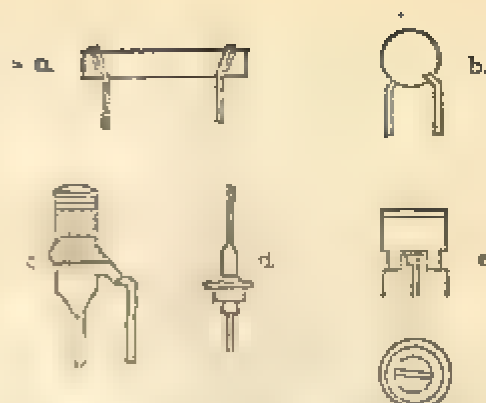
Condensatoarele ceramice de tip 2 au permitivitatea dielectrică foarte mare, care permite construirea unor condensatoare cu capacităţi mari, între 20 nF şi 1 μF. Din păcate, aceste condensatoare sînt instabile la schimbarea de temperatură şi au pierderi mai mari ($tg\,\delta = 3 \cdot 10^{-2}$ faţă de $1 \cdot 10^{-3}$).




Fig. 9.4. Secţiune printr-un condensator ceramic tubular

După forma suportului ceramic, condensatoarele pot fi sub formă de disc, plachetă, tubular sau sub formă de pastile sau perle.

Fig. 9.5. Forme constructive ale condensatoarelor ceramice: a — tubular; b — disc; c — perlă pentru implantare verticală; d — condensator de trecere; e — semireglabil (trimer)




În [illegible] tistră cu [illegible] 2. [illegible] se [illegible] desenate [illegible] prețul de cost [illegible]

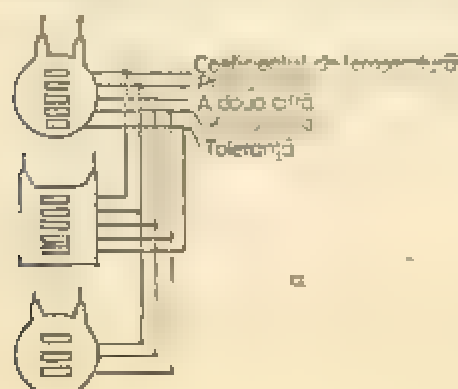
[illegible] se utilizează [illegible] prezentat în tabelul [illegible]

*Tabelul [illegible]*

| Culoarea | Prima cifră | A doua cifră | Factor de multiplicare | [illegible] | [illegible] |
|---|---|---|---|---|---|
| [illegible] | | 0 | $10^0 = 1$ | [illegible] | [illegible] |
| maro | [illegible] | 1 | $10^1 = 10$ | [illegible] | 1 |
| roșu | [illegible] | [illegible] | $10^2 = 100$ | [illegible] | [illegible] |
| portocaliu | | [illegible] | $10^3 = 1\ 000$ | | |
| galben | | | $10^4 = 10\ 000$ | | |
| verde | | | $10^5 = 100\ 000$ | [illegible] pF | [illegible] |
| violet | [illegible] | [illegible] | | | |
| albastru | | | $10^{-2} = 0{,}01$ | | [illegible] |
| cenușiu | [illegible] | 8 | $10^{-1} = 0{,}1$ | 1 pF | [illegible] |
| alb | [illegible] | 9 | | | |
| [illegible] | | | | | |

În [illegible] de tip [illegible] [illegible] [illegible] de la [illegible] la [illegible] V

Fig. 9.6. Marcarea condensatoarelor ceramice: a — de tip 1; b — de tip II



## 9.5 Condensatori electrolitici

[illegible] construcție [illegible] electrozi [illegible] Cel [illegible] format din [illegible]

[illegible] foarte subțire de oxid care lucrează ca dielectric.

[illegible] exterioară [illegible] pozitiv.

Acești condensatori se vor monta [illegible] polaritatea [illegible] inversare duce la distrugerea lor. Atenție deci!

a

b

c

[illegible] de mare capacitate.

Datorită stratului foarte subțire de oxid condensatorul electrolitic [illegible] un factor de pierderi ridicat. De asemenea sînt sensibili la supratensiuni. Condensatoarele electrolitice se uti- [illegible] sorilor.

[illegible] condensa- [illegible]

[illegible] rea corectă a unei tensiuni continue.

[illegible]

[illegible] mai accesibile, dar mai puțin precise.

[illegible] $RC$ [illegible] tatea astfel: $C = \frac{\tau}{R}$.

[illegible] $R$ în MΩ [illegible] capacitatea condensatorului electrolitic direct în μF.

*Exemplu*:

[illegible] kΩ [illegible] con- dens [illegible]

$$C = \frac{\tau}{R} = [illegible]$$

Condensatoarele electrolitice se marchează [illegible] cu litere și cifre, indicându-se valoarea [illegible] tensiunea de lucru. Polul negativ este format [illegible] este marcat pentru evitarea [illegible].

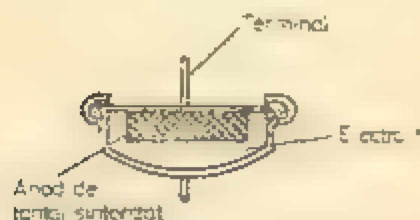



Fig. 9.8. Secțiune printr-un condensator electrolitic cu tantal.

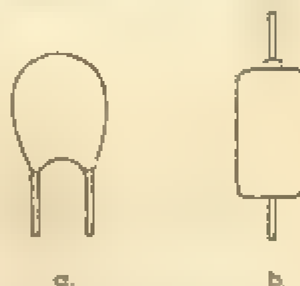



Fig. 9.9. Condensatoare [illegible] cu tantal.

**Condensatoarele electrolitice cu tantal.** Aceste condensatoare sînt o perfecționare [illegible]. Cele mai răspîndite au polul pozitiv format dintr-o [illegible] de pulbere de tantal presată și sinterizată. Prin oxidarea acesteia [illegible] în strat [illegible] care constituie dielectricul.

Secțiune printr-un condensator electrolitic cu tantal [illegible] parametrilor electrici.

## 9.6. Condensatoare variabile

Aceste condensatoare sînt formate din două sisteme de plăci, unul dintre ele putînd să se mişte față de celălalt, modificîndu-se astfel capacitatea. Plăcile fixe formează statorul, iar cele mobile rotorul. Dielectricul este de obicei aerul cu constanta $\varepsilon_r = 1$, iar valorile acestor condensatoare sînt mici, pînă la 500 pF. Condensatoarele variabile au un volum destul de mare, dar stabilitatea lor în timp este bună și pierderile mici.

Există și condensatoare variabile cu dielectric solid care au dimensiuni mici și se utilizează în radioreceptoarele de dimensiuni reduse. Totuși calitățile lor sînt mai slabe.

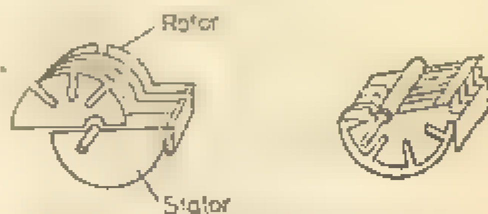



Fig. 9.10. Condensator variabil cu aer

Condensatoarele variabile se folosesc ca elemente de acord în circuitele oscilante. În radioreceptoare și emițătoare se folosesc condensatoare care realizează variația liniară a frecvenței oscilatorului cu variația unghiului de rotație al rotorului. În afară de acestea mai există condensatoare variabile cu variația liniară sau logaritmică a capacității.

Tot în categoria condensatoarelor variabile sînt incluse și condensatoarele semireglabile. Aceste condensatoare pot păstra în timp o capacitate stabilită prin reglaj. Reglajul lor se face cu șurubelnița și nu mai este accesibil după închiderea aparatului. În practică s-a răspîndit denumirea de trimer și este unanim acceptată.

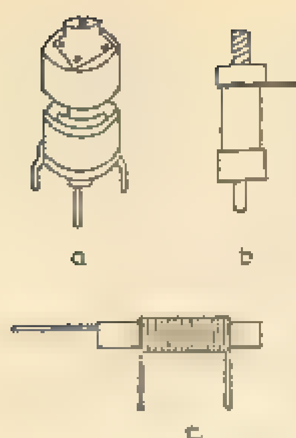



Fig. 3.11. Condensatoare [illegible] b [illegible] tubular.

După tipul constructiv putem clasifica trimerele astfel: trimere cu aer, trimere cilindrice, trimere cu disc etc.

Trimerele cu aer au caracteristici electrice foarte bune dar sînt greu reglabile și se utilizează în aparatura profesională.

Trimerele cilindrice sînt formate din doi cilindri, din care se deplasează unul în interiorul celuilalt prin intermediul unui șurub cu pas mare.

Trimerele cu disc sînt formate din [illegible] discuri ceramice pe care sînt depuse straturi de argint. [illegible] sînt cele mai răspîndite deoarece sînt ieftine și mici.

## Test

1. [illegible] pF [illegible] rotor

   *a.* 250 pF; *c.* 450 pF;
   *b.* 400 pF; *d.* 500 pF.

2. Care este afirmația corectă [illegible]?

   *a.* Este [illegible]
   *b.* [illegible] mari.
   *c.* Sînt condensatoare cu constantă dielectrică mare.
   *d.* [illegible]

3. Ce valoare are condensatorul ceramic marcat astfel: [illegible]?

   *a.* 270 pF; *b.* 27 pF; *c.* 27 000 pF.

4. Pe un condensator ceramic este înscris numărul 56. Ce capacitate are?

   *a.* 56 nF; *b.* 56 pF; *c.* 5,6 µF; *d.* 0,56 nF.

5. Un condensator [illegible] se descarcă prin rezistența internă $R_i$ = 0,5 MΩ. Timpul de descărcare este $t$ = [illegible] electrolitic?

   *a.* 400 µF; *b.* 250 µF; *c.* 360 µF; *d.* 650 pF.

*Răspunsuri*

1. *b*; 2. *d*; 3. *a*; 4. *b*; 5. *a*.

Capitolul 10

# Bobina

## 10.1. Magnetismul

Alături de rezistoare și condensatoare bobinele sînt componente electronice de primă importanță, fără de care un radioreceptor sau radioemițător nu pot funcționa.

Bobina este formată dintr-un conductor electric izolat înfășurat pe o carcasă. Dacă prin firul din care este formată bobina circulă un curent electric, în bobină apare un cîmp magnetic. Tot așa cum condensatorul acumulează între armăturile sale energie electrică sub formă de cîmp electric, bobina acumulează în interiorul spirelor sale energie sub formă de cîmp magnetic.



Fig. 10.1 Bobine

Fiecare dintre noi a avut în mînă un magnet permanent. Bobinele produc cîmpuri magnetice asemănătoare celor produse de magneții permanenți.

Ca și la cîmpul electric, putem defini o intensitate a cîmpului magnetic pe care o notăm cu $H$. Ea depinde de intensitatea curentului care trece prin spirele bobinei, de numărul acestora și de construcția bobinei.

În continuare trecem la prezentarea principalilor parametri ai bobinelor.

## 10.2. Inductanța

Dacă la bornele unei bobine se aplică o tensiune continuă, cu un instrument de măsură se constată că indicația curentului crește lent. Cu alte cuvinte curentul întîrzie. Aceasta se poate demonstra și cu ajutorul montajului din figura 10.2.

Cele două becuri cu incandescență sînt montate în paralel, fiecare avînd în serie o rezistență și respectiv o bobină cu miez de fier (droselul). La aplicarea tensiunii becul înseriat cu bobina se va aprinde mai tîrziu. Această întîrziere se datorește apariției unei tensiuni de sens contrar numită tensiune de autoinducție. Întîrzierea curentului prin bobină este asemănătoare întîrzierii tensiunii pe condensator.

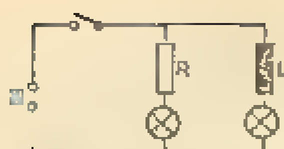



Fig. 10.2. Montaj experimental pe[illegible] d[illegible]on-strarea [illegible]



Fig. 10.3. Variați[illegible] pe un [illegible]sator

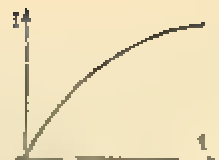


Fig. 10.4. Variația [illegible]

A[illegible]eastă întârzie[illegible] depinde de intensitatea [illegible] magne[illegible] de bobină. La rândul său, [illegible] diametrul [illegible] de [illegible] numărul [illegible] bobinei, de [illegible] miezului de fier și de [illegible]. Toate acestea definesc ceea ce numim [illegible] inductanța $L$ [illegible] caracteri-zează orice bobină la fel cum [illegible] caracterizează [illegible] condensator. Inductanța se definește prin relația

$$L = \frac{\Phi}{I}$$

unde $\Phi$ este fluxul magnetic și $I$ [illegible] intensitatea curentului.

Unitatea de măsură a inductanței este Henry, notată cu $H$. [illegible] a fost [illegible] în [illegible] Josef Henry [illegible]. Subdiviziunile [illegible]:

1 milihenry = 1 mH = $10^{-3}$ H
1 microhenry = 1 μH = $10^{-6}$ H

Pentru bobină se [illegible] Simbolul [illegible] vechi în forma [illegible] poate [illegible] schemele [illegible] frecvență. [illegible]

Inductanța unei bobine [illegible] de numărul de spire [illegible] și de [illegible] magnetic. [illegible] permeabilitate [illegible] relația

$$\mu = [illegible]$$

$\mu_0$ este permeabilitatea magnetică a vidului

$\mu_r$ este permeabilitatea relativă [illegible] de câte ori este mai mare inductanța unei bobine [illegible] material [illegible] de vid.

Inductanța se calculează [illegible] cu formula

$$L = [illegible]$$

Pentru bobinele confecționate de fabrică pe miezuri [illegible] carcase tipizate se dă o mărime mai cuprinzătoare $A_L$. Aceasta ușurează [illegible] inductanței deoarece $A_L$ se definește cu relația

$$A_L = [illegible]$$

și astfel formula de calcul al inductanței devine:

$$L = A_L \cdot N^2$$

Formula de mai sus se poate justifica și astfel: $A_L$ este inductanța unei singure spire; inductanța unei bobine cu mai multe spire, $N$, este de $N^2$ ori mai mare decît $A_L$.

*Exemplu:*

Dacă avem un miez pe care se indică $A_L = 0,5$ μH, cîte spire va avea o bobină cu inductanța $L = 5$ mH?

Din relația $L = A_L \cdot N^2$ obținem

$$N = \sqrt{\frac{L}{A_L}} = \sqrt{\frac{5\ \text{mH}}{0,5\ \mu\text{H}}} = \sqrt{\frac{5\,000\ \mu\text{H}}{0,5\ \mu\text{H}}} = \sqrt{10\,000} = 100$$

Rezultă că este nevoie de 100 de spire.

[illegible] are aproximativ [illegible] 12 [illegible]

De asemenea, pentru benzile de radioamatori, se folosesc bobine cu inductanțele valorilor următoare:

Banda 3,5 MHz — 16 μH

Banda 7 MHz — 4 μH

Banda 14 MHz — 1 μH

Banda 28 MHz — 0,3 μH.

## 10.3 Reactanța inductivă a unei bobine

Dacă o bobină este conectată într-un circuit de curent alternativ apare o variație permanentă a intensității curentului care circulă prin circuit și care provoacă o tensiune de autoinducție. Aceasta duce la o micșorare a curentului prin bobină.

La fel ca la condensator se definește și aici o reactanță a bobinei care este raportul dintre tensiunea și curentul alternativ

$$X_L = \frac{U_L}{I_L} \qquad \omega L = \frac{U_L}{I_L}$$

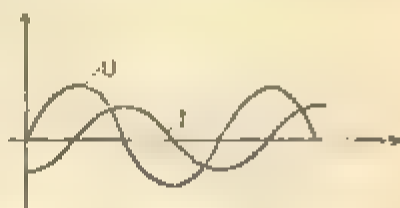


Fig. 10.3. Variația curentului și tensiunii într-o bobină

Reactanța inductivă definită mai sus depinde de frecvența și de inductanța $L$ a bobinei:

$$X_L = 2\pi f L = \omega L$$

Dacă $L$ este dat în Henry și $f$ în Hz atunci $X_L$ rezultă în Ohmi. Pentru frecvențe date în MHz și inductanțe de obicei de ordinul μH, reactanța inductivă rezultă direct în Ohmi.

*Exemplu:*

Să se calculeze reactanța inductivă a unei bobine de 10 H la frecvența rețelei de 50 Hz.

$$X_L = 2\pi f L = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 50 \cdot 10 = 3140\ \Omega$$

Pentru exercițiu veți calcula reactanța inductivă a aceleiași bobine la 100, 500 Hz și la 1 kHz. Se va observa că reactanța crește odată cu frecvența.

*REȚINEM! Reactanța inductivă este direct proporțională cu frecvența.*

Trebuie adăugat că între tensiune și curent există un defazaj de 90°. Altfel spus curentul rămîne în urma tensiunii. Aceasta se datorește faptului că la aplicarea unei tensiuni în bobină apare prin autoinducție o contratensiune care se opune curentului, iar acesta începe să circule prin bobină după o anumită întîrziere.

*REȚINEM! Inductanța întîrzie curentul [I]. Capacitatea întîrzie tensiunea [U].*

## 10.4. Legarea bobinelor în circuite

Calculul inductanței totale a unor bobine necuplate magnetic legate în serie sau în paralel este asemănător calculului pentru rezistențe.



Fig. 10.6. Legarea bobinelor în serie

Pornind de la faptul că tensiunea totală este egală cu suma tensiunilor parțiale

$$U_{L} = U_{L1} + U_{L2} + U_{L3}$$

Înlocuind tensiunile funcție de curent și reactanțe inductive

$$IX_L = IX_{L1} + IX_{L2} + IX_{L3}$$

și simplificînd întreaga relație cu $I$:

$$X_L = X_{L1} + X_{L2} + X_{L3} \quad \text{sau} \quad \omega L = \omega L_1 + \omega L_2 + \omega L_3$$

$$L = L_1 + L_2 + L_3$$

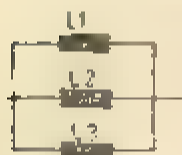


Fig. 10.7. Legarea bobinelor în paralel

Pentru legarea bobinelor în paralel avem egalitatea

$$\frac{1}{X_L} = \frac{1}{X_{L1}} + \frac{1}{X_{L2}} + \frac{1}{X_{L3}}$$

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$

iar pentru cazul particular al două bobine

$$L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$$

*Exemplu.* Să se calculeze inductanța totală a două bobine de 3 mH a) legate în serie b) legate în paralel

a) $L = L_1 + L_2 = 3 + 3 = 6$ mH

b) $L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$

$$L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2} = \frac{3 \cdot 3}{3 + 3} = \frac{9}{6} = 1,5 \text{ mH}$$

## 10.5. Factorul de calitate

Bobinele prezentate pînă acum au o comportare ideală. În practică lucrurile nu se prezintă însă tocmai astfel. Bobinele cuprinzînd de o serie de factori care duc la pierderi. Aceste pierderi sînt cauzate de rezistența conductorului din înfășurare, [illegible] care este [illegible] crescută, iar în cele din urmă de capacitățile parazite [illegible]. [illegible] factorul care caracterizează [illegible] bobina este *factorul de calitate* [illegible] reprezentat matematic de raportul dintre reactanța inductivă și rezistența bobinei:

$$Q = \frac{\omega L}{R}$$

Din această relație rezultă clar că factorul de calitate este cu atît mai bun cu cît rezistența bobinei este mai mică.

## 10.6. Tipuri constructive de bobine

La construcția unei bobine se ține seama de [illegible] la care va funcționa [illegible]. O bobină se compune din înfășurare, carcasă, miez și uneori ecran. Există și bobine realizate fără [illegible], construcție care [illegible] confecționează [illegible] singure bobinele.

Carcasa se realizează din materiale izolante [illegible] și cu calități izolante bune: pertinax, [illegible] materiale plastice, ceramica.

Înfășurarea este formată dintr-un strat sau mai multe straturi de sîrmă emailată de cupru. Bobinele cu un singur strat ajung pînă la 250–300 μH. Pentru obținerea unor inductanțe mai mari se utilizează bobinele multistrat.

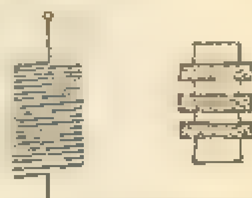


Fig. 10.8. Tipuri constructive de bobine

Pentru creșterea și variabilitatea inductanței unei bobine se introduc miezuri magnetice care de ex. pînă la 40 MHz se confecționează din ferită, iar peste 40 MHz pînă în domeniul UUS se utilizează miezuri cilindrice filetate de dimensiuni foarte mici.

Trebuie reținut că introducerea unui miez de ferită crește inductanța unei bobine.

Pentru scăderea inductanței se utilizează miezuri din materiale diamagnetice precum cuprul, alama sau aluminiul.

După cum am mai amintit mai sus, între spirele unei bobine apar capacități nedorite, numite capacități parazite. Pentru evitarea apariției acestora s-au imaginat felurite moduri de bobinaj. În gamele de unde lungi și medii se utilizează bobine cu mai mulți galeți bobinați încrucișat sau altfel spus „universal". Spirele se dispun alăturat dar straturile se împletesc sub un anumit unghi. Acest mod de bobinaj asigură calități foarte bune.

Pentru frecvențe mai înalte se utilizează bobine cu pas variabil iar în domeniul de ultraînaltă frecvență (UIF) bobine sub formă de spiră imprimată pe plăcuțe.

Mai amintim în încheiere și bobinele cu inductanța variabilă în limite largi, numite variometre. Sînt formate din două bobine concentrice, una fixă alta mobilă. Variometrele se folosesc ca acord în locul condensatorului variabil în receptoarele montate pe automobile.

## 10.7. Inductanța mutuală

Dacă două bobine sînt orientate cu axele pe aceeași linie (fig. 10.9), curentul care trece prin bobina *1* creează un cîmp magnetic care străbate și bobina *2*. Dacă intensitatea cîmpului magnetic variază în bobina *2* se induce o tensiune electromotoare. Această tensiune este similară cu tensiunea de autoinducție, iar cauza apariției acesteia este efectul de inductanță mutuală dintre cele două bobine.

Dacă fluxul magnetic întretaie toate spirele celei de a doua bobine, inductanța mutuală este maximă. Dacă numai o parte întretaie aceste spire inductanța mutuală este relativ mai mică. Aceste două bobine care prezintă inductanță mutuală sînt cuplate magnetic.

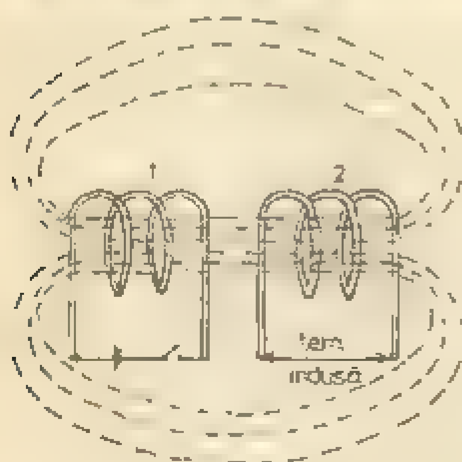



Fig. 10.9. Inductanța mutuală

Pentru două bobine cuplate se definește coeficientul de cuplaj. Pentru un coeficient de cuplaj maxim ($k = 1$) cele două bobine sînt cuplate strîns, iar inductanța mutuală este maximă. Dacă inductanța mutuală este mai mică se spune că bobinele sînt cuplate slab.

Gradul de cuplare a două bobine depinde de spațiul fizic dintre ele și de felul cum sînt plasate una față de alta. Cuplajul maxim se realizează cînd cele două bobine au aceeași axă și sînt bobinate spiră peste spiră. Cuplajul este minim cînd axele sînt perpendiculare sau cînd bobinele sînt depărtate una față de alta.

Coeficientul de cuplaj maxim se realizează cînd cele două bobine sînt bobinate pe același miez. Bobinele cu aer nu pot depăși un coeficient de cuplaj mai mare de 0,6—0,7 și numai dacă sînt bobinate una peste alta.

## 10.8. Transformatoarele

Un transformator este format din două sau mai multe bobine separate, înfășurate pe aceeași carcasă și cu același miez magnetic (fig. 10.10), realizîndu-se un cuplaj foarte strîns. Funcționarea sa se bazează pe inducția electromagnetică. Considerînd un transformator format numai din două înfășurări. Prin înfășurarea primară circulă curentul $I_1$ iar la bornele ei este aplicată tensiunea $U_1$. În înfășurarea secundară se induce tensiunea $U_2$ și curentul $I_2$. Mărimea acestora depinde de numărul de spire $N$. Practic o tensiune sau un curent se transformă într-o altă tensiune sau alt curent.

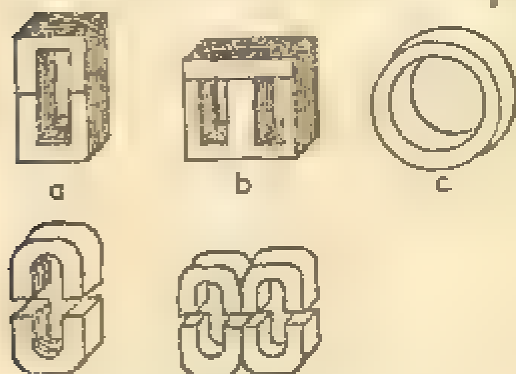


Fig. 10.10. Miezuri magnetice: a — coloane; b — în manta; c — toroidal



Fig. 10.11. Schema unui transformator

Cele două tensiuni primară și secundară se află într-un raport de proporționalitate numit raport de transformare și egal cu raportul numerelor de spire.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = n$$

*Exemplu.* Un transformator de rețea al unui radioreceptor cu tuburi alimentat de la rețeaua de 220 V are o înfășurare secundară de 4 V cu 16 spire.

a) Care este raportul de transformare al transformatorului?

b) Cîte spire va trebui să aibă o înfășurare secundară pentru o tensiune de 6,3 V?

*Rezolvare:* a) $n = \frac{U_1}{U_2} = \frac{220\ V}{4\ V} = 55$

Raportul de transformare este 55 : 1

b) $\frac{N_x}{N_2} = \frac{U}{U_2}$ $N_x = \frac{U}{U_2} N_2 = \frac{6,3}{4} \cdot 16 = 25,2$ spire

Deci vom face o nouă înfășurare de 25 de spire sau vom adăuga la cea existentă $25 - 16 = 9$ spire.

Calculele de dimensionare a unui transformator sînt destul de laborioase și de aceea vom da mai departe doar cîteva relații mai uzuale. Vom admite deci că transferul de energie dintre primar și secundar se face fără pierderi. Un astfel de transformator este considerat transformator ideal. Neavînd pierderi:

$$P_1 = P_2 \quad \text{sau} \quad U_1 I_1 = U_2 I_2$$

De aici avem:

$$\frac{U_1}{U_2}=\frac{I_2}{I_1}=n \quad \text{sau} \quad n=\frac{I_2}{I_1}=\frac{N_1}{N_2}$$

Se observă că raportul curenţilor este invers raportului tensiunilor. Aceste relaţii se pot extinde şi la rezistenţele înfăşurărilor.

$$P_1 = P_2$$

$$\frac{U_1^2}{R_1}=\frac{U_2^2}{R_2} \qquad \frac{U_1^2}{I_2^2}=\frac{R_1}{R_2}$$

$$\frac{U_1^2}{U_2^2}=\frac{R_1}{R_2} \qquad n^2=\frac{R_1}{R_2}$$

Transformatoarele se utilizează foarte adesea în etajele de alimentare sau ca dispozitive de cuplaj pentru semnal audio.

Transformatorul de alimentare sau altfel numit transformatorul de reţea, este întrebuinţat pentru obţinerea mai multor tensiuni de valori diferite care urmează a fi redresate, adică transformate în tensiuni continue. Transformatoarele de reţea lucrează la frecvenţa reţelei de 220 V, deci la 50 Hz. În aparatura de bord a avioanelor frecvenţa tensiunii de alimentare este 400 Hz.

Transformatoarele de semnal pot fi utilizate în domeniu de frecvenţe mai înalte, pînă la sute de kiloherzi.

Mai există şi categoria transformatoarelor de adaptare utilizate la modificarea impedanţei circuitelor de intrare, de ieşire sau de cuplaj.

## 10.9. Comparaţie între condensator şi bobină

**CONDENSATOR**

Intensitatea cîmpului electric

$$E=\frac{U}{d}$$

Capacitatea $C=\frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r A}{d}$

Constanta dielectricului

$$\varepsilon=\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$$

$$\varepsilon_{vid}=8{,}859\,\frac{pF}{m}$$

Unitatea de măsură 1 Farad (1F)
Reactanţa capacitivă

$$X_c=\frac{1}{2\pi f C}$$

**BOBINA**

Intensitatea cîmpului magnetic

$$H=\frac{NI}{l}$$

Inductanţa $L=\frac{\mu_0\mu_r A}{l}N^2$

Permeabilitatea magnetică

$$\mu=\mu_0\mu_r$$

$$\mu_0=1{,}25\,\frac{\mu H}{m}$$

Unitatea de măsură 1 Henry (1H)
Reactanţa inductivă

$$X_L=2\pi f L$$

| | |
|---|---|
| Reactanţa capacitivă este invers proporţională cu frecvenţa | Reactanţa inductivă este direct proporţională cu frecvenţa |
| Legare în paralel $$C = C_1 + C_2 + C_3 ...$$ | Legarea în serie $$L = L_1 + L_2 + L_3 + ...$$ |
| Legarea în serie $$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$ | Legarea în paralel $$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$ |
| Legarea în serie a două condensatoare $$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$ | Legarea în paralel a două bobine $$L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$$ |

## Test

1. Două bobine de 500 μH şi 1 mH sînt conectate în serie. Ce inductanţă are ansamblul?
   a. 501 μH; c. 1500 mH
   b. 1500 μH; d. 333 μH

2. Care este impedanţa unei bobine de 1 Henry la [illegible] Hz?
   a. 159 Ω; c. 31,4 Ω
   b. 314 Ω; d. 3140 Ω

3. Dacă se dublează numărul de spire ale unei bobine, dimensiunile rămînînd aceleaşi, cum variază inductanţa bobinei
   a. se dublează c. creşte de patru ori
   b. se înjumătăţeşte d. scade la un sfert din valoare

4. Dacă spirele unei bobine se îndepărtează astfel încît lungimea sa se dublează, valoarea sa
   a. se dublează c. creşte de 4 ori
   b. se înjumătăţeşte d. scade la un sfert din valoare

5. Pe [illegible] unui transformator care are [illegible] spire se măsoară o tensiune de 6 V. Cîte spire trebuie adăugate [illegible] secundar [illegible] o tensiune [illegible] 9 V?
   a. 9 spire c. 6 spire
   b. 12 spire d. 4,5 spire

6. Ce efect are înfăşurarea bifilară?
   a. O inductanţă dublă
   b. Lipsa capacităţilor parazite
   c. Pierderi mici
   d. Nu prezintă inductanţă.

*Răspunsuri*

1. *b*; 2. *b*; 3. *c*; 4. *b*; 5. *b*; 6. *d*.

Capitolul 11

# Circuite oscilante

## 11.1. Oscilația

Pînă acum am prezentat numai componente de circuite separate, cum au fost rezistorul, condensatorul și bobina. În cele ce urmează vom face cunoștință cu unul dintre cele mai importante circuite din radiotehnică, circuitul oscilant.

Un circuit oscilant este format dintr-un condensator și o bobină. După modul cum sînt legate bobina și condensatorul, deosebim circuite oscilante serie și circuite oscilante paralel (derivație).

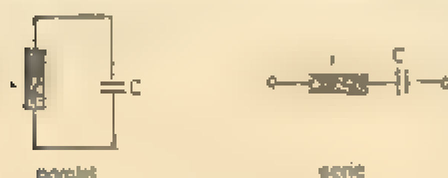



Fig. 11.1. Circuite oscilante

Bobina și condensatorul sînt componente electronice care acumulează energie pe care după un timp o cedează. Condensatorul acumulează prin încărcare energie electrică sub formă de cîmp electric. Bobina acumulează energie sub formă de cîmp magnetic. Aceasta este foarte clar pus în evidență prin scînteile care se produc la desfacerea unui contact al unui releu.

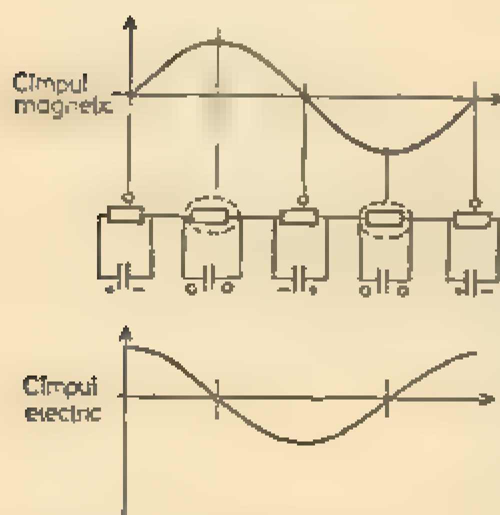



Fig. 11.2. Explicația intuitivă a transferului de energie între bobină și condensatorul unui circuit oscilant

Dacă un condensator încărcat este conectat la bornele unei bobine acesta se va descărca prin bobină. Curentul care circulă prin bobină crează un cîmp magnetic, în timp ce cîmpul electric din condensator dispare. La sfîrșitul descărcării întreaga energie este acumulată sub formă de cîmp magnetic. În momentul cînd nu mai circulă curent prin circuit cîmpul magnetic începe să se destrame, în bobină producîndu-se o tensiune de autoinducție. Datorită acesteia apare un curent care reîncarcă în sens invers condensatorul. Dacă circuitul oscilant

nu ar avea pierderi, întreaga energie s-ar transfera din bobină în condensator și invers, iar oscilațiile ar avea aceeași amplitudine.

Dar o bobină este formată dintr-un fir de cupru care prezintă întotdeauna o rezistență ohmică și prin ea se pierde energie datorită încălzirii bobinei. De aceea amplitudinea oscilațiilor se atenuează. Avem deci oscilații amortizate. Pentru a obține oscilații întreținute trebuie să introducem energie din afară.

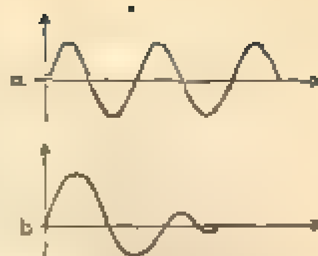


Fig. 11.3. Oscilații întreținute și oscilații amortizate

## 11.2. Rezonanța

Durata unei oscilații depinde de mărimea capacității și a inductanței. Dacă un condensator are o capacitate mare se va descărca foarte lent și deci frecvența oscilațiilor va fi mică.

Regimul cel mai avantajos apare atunci cînd reactanța capacitivă $X_c$ este egală cu reactanța inductivă $X_L$. Această stare se numește rezonanță și se exprimă matematic cu relația:

$$X_L = X_c.$$

Dar acum știm că $X_L = \omega L$ și $X_C = \frac{1}{\omega C}$ și efectuînd înlocuirile în formula de mai sus avem succesiv:

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}; \quad \omega^2 = \frac{1}{LC}; \quad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

Deoarece $\omega = 2\pi f$ putem afla frecvența de rezonanță

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

Această formulă este una dintre cele mai importante în domeniul nostru și a fost descoperită de către fizicianul englez William Thompson (1824–1907).

Dacă inductanța este exprimată în Henry și capacitatea în Farazi frecvența se obține în Hertzi. Putem utiliza o formă mai comodă pentru cazul cînd inductanța se dă în μH și capacitatea în pF.

$$f_r = \frac{159}{\sqrt{LC}}.$$

Factorul 159 apare în felul următor: $10^6 = \frac{1}{2\pi\sqrt{10^{-6}10^{-12}}}$

$$10^6 = \frac{1}{2\pi 10^{-9}} \Rightarrow \frac{1000}{2\pi} = 159.$$

*Exemplu.* Să se calculeze frecvența de rezonanță a unui circuit cu $L = 5\ \mu H$ și $C = 500$ pF

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{5\cdot10^{-6}\cdot500\cdot10^{-12}}} = 3,2\cdot10^{6} = 3,2\ \text{MHz}$$

sau cu formula practică

$$f_r = \frac{159}{\sqrt{5\cdot500}} = \frac{159}{50} = 3,2\ \text{MHz}$$

*Problemă.* Cum se modifică frecvența de rezonanță dacă mărim de 4 ori capacitatea condensatorului din circuitul oscilant din exemplu?

$$f_r = \frac{159}{\sqrt{5\cdot2\,000}} = \frac{159}{100} = 1,59 \approx 1,6\ \text{MHz.}$$

REȚINEM: *Dacă mărim de patru ori capacitatea unui* ***condensator dintr-un circuit oscilant, frecvența scade la jumătate și*** INVERS, *dacă micșorăm de patru ori capacitatea, frecvența se dublează. Această regulă este valabilă și pentru* ***inductanță.***

Pentru calculul rapid al frecvenței de rezonanță au fost concepute nomograme speciale (Fig. 11.4)

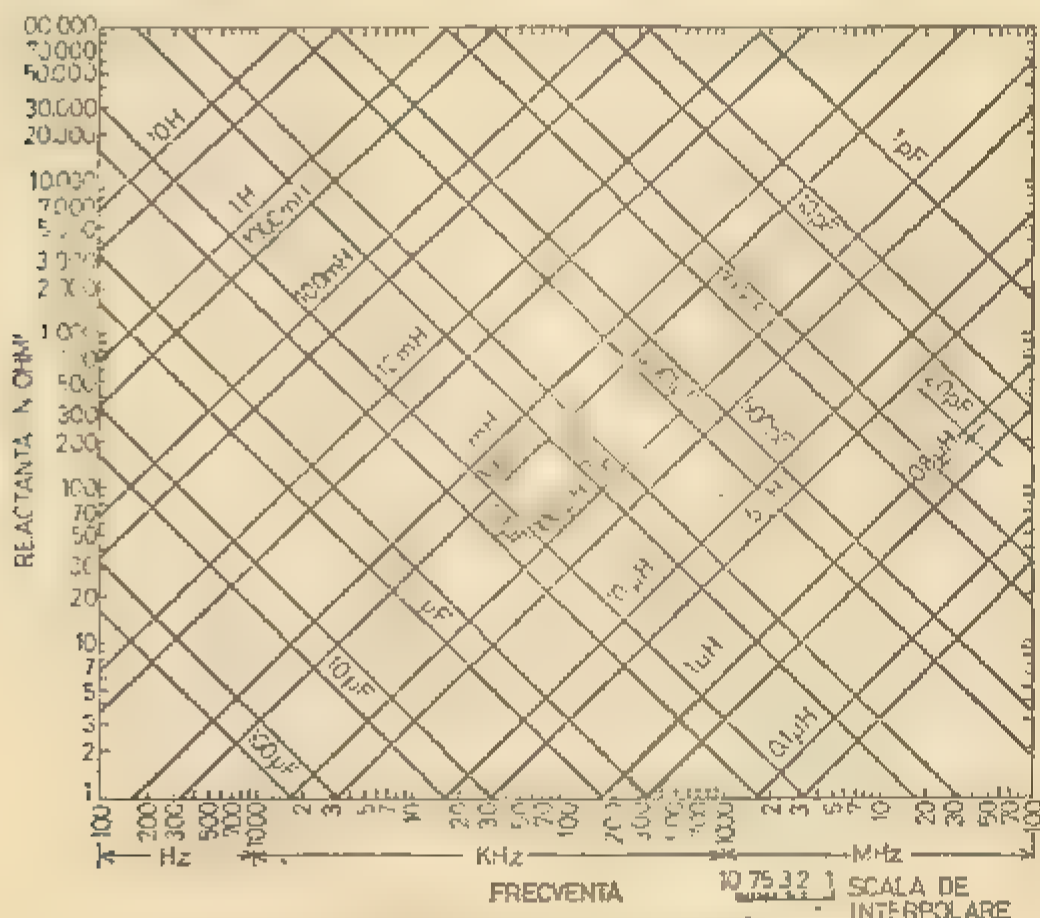



Fig. 11.4. Nomograme de calcul a circuitelor rezonante

Cu ajutorul acestei nomograme se poate afla reactanța unei bobine sau a unui condensator precum și frecvența de rezonanță a unui circuit oscilant.

Se observă că liniile de obicei dau valorile în multipli de 10, iar liniile intermediare marchează jumătatea intervalului. Deci între 1 µF și 10 µF linia intermediară marchează 5 µF. Jos în dreapta diagramei este dată scala de interpolare pentru valori între 1 și 10.

Să verificăm rezultatele problemei de mai sus. Deci care este *frecvența* de rezonanță a circuitului oscilant cu $L = 5\ \mu H$ și $C = 500$ pF. Marcăm intersecția dintre linia de 5 µH și linia de 500 pF. Din punctul de intersecție coborîm o perpendiculară pe axa frecvențelor și obținem 3,2 MHz.

Aceeași problemă pentru $C = 20$ pF și $L = 0,8\ \mu H$. De pe scala de interpolare luăm cu o riglă sau un compas distanța pentru 2 (20 pF) și de asemenea pentru 8 (0,8 µF) și trasăm paralele la linia de 10 pF și respectiv la linia de 1µH. La intersecția acestor linii găsim pe perpendiculara frecvența de 40 MHz.

Pentru a vă familiariza cu această nomogramă verificați datele înscrise în tabelul de mai jos.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 10 nF | 270 pF | 56 pF | 20 pF |
| 100 mH | 100 µH | 20 µH | 0,8 µH |
| 5 kHz | 0,9 MHz | 4,75 MHz | 40 MHz |

## 11.3. Circuitul rezonant serie

Dacă bobina și condensatorul sînt conectate în serie vor forma un circuit oscilant serie.

Construim un montaj format în principal dintr-un circuit oscilant serie cu L = 100 mH și C = 10 nF. În serie cu circuitul rezonant conectăm un microampermetru, iar în paralel, un voltmetru. La bornele acestui circuit aplicăm




Fig. 11.5 Montaj experimental la circuit oscilant serie

un semnal de joasă frecvență de la un generator adecvat (100 Hz — 20 kHz). Căutăm să menținem tensiunea semnalului de ieșire constantă și vom măsura curentul pentru cîteva frecvențe între 1 și 10 kHz. În tabelul următor sînt date și valorile impedanței circuitului la frecvențele indicate.

| Frecvența [kHz] | 1 | 2 | 3 | 4 | 4,5 | 5 | 5,3 | 6 | 7 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Curentul [µA] | 3 | 5 | 8 | 16 | 70 | 100 | 70 | 20 | 12 | |
| Impedanța [Ω] | 835 | 500 | 312 | 156 | 35,7 | 25 | 35,7 | 125 | 208 | 500 |

Dacă trecem aceste valori pe hîrtie milimetrică obținem curbele de rezonanță ale curentului și impedanței. Se observă că la 5 kHz, frecvența de rezonanță, curentul are un maxim iar impedanța un minim.

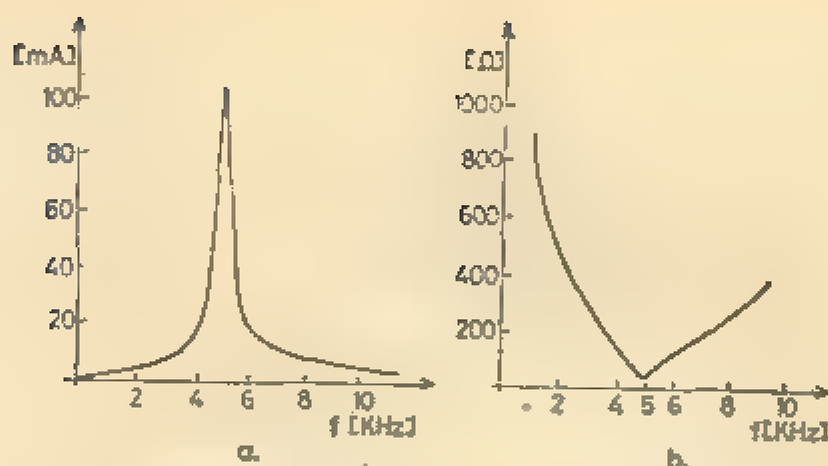



Fig. 11.6. Curbele de rezonanță ale unui circuit rezonant serie
a) curentul; b) impedanța

RETINEM: *La rezonanță impedanța unui circuit rezonant serie este minimă.*

De aceea aceste circuite se folosesc la rejecția unor anumite frecvențe perturbatoare. Se montează în paralel cu intrarea radioreceptoarelor. Pentru frecvența de rezonanță aceste circuite se comportă ca un scurtcircuit.

## 11.4. Circuitul rezonant paralel

De data aceasta folosim aceleași elemente de circuit, cu deosebirea că bobina și condensatorul vor fi legate în paralel. Pentru menținerea curentului constant vom monta în serie cu generatorul de ton o rezistență mare, de cca 1 MΩ. În continuare vom măsura tensiunea la bornele circuitului rezonant cu ajutorul unui voltmetru electronic pentru diferite frecvențe audio. Rezultatele sînt trecute în tabelul de mai jos.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Frecvența kHz | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 9 | 10 |
| Tensiunea V | 0,02 | 0,04 | 0,06 | 0,1 | 1 | 0,1 | 0,01 | 0,05 |
| Impedanța Ω | 6 | 15 | 20 | 33 | 335 | 5,3 | 33 | 16 |

Trecînd valorile din tabel pe hîrtie milimetrică obținem curbele de rezonanță pentru tensiune și impedanța circuitului rezonant paralel.

RETINEM *La rezonanță impedanța circuitului rezonant paralel este maximă. De asemeni tensiunea atinge valoarea maximă.*

Datorită acestei proprietăți circuitul oscilant paralel se utilizează în amplificatoarele de radiofrecvență. La rezonanță tensiunea semnalului amplificat atinge valoarea maximă. Dar despre aceasta vom vorbi mai tîrziu.

**Banda de trecere a circuitului rezonant.** Circuitul rezonant paralel se montează în circuitul de ieșire al amplificatoarelor de radiofrecvență și lucrează ca rezistență de sarcină. Dar nu ar fi avantajos să se amplifice o singură frecvență, ci o întreagă bandă de frecvențe.

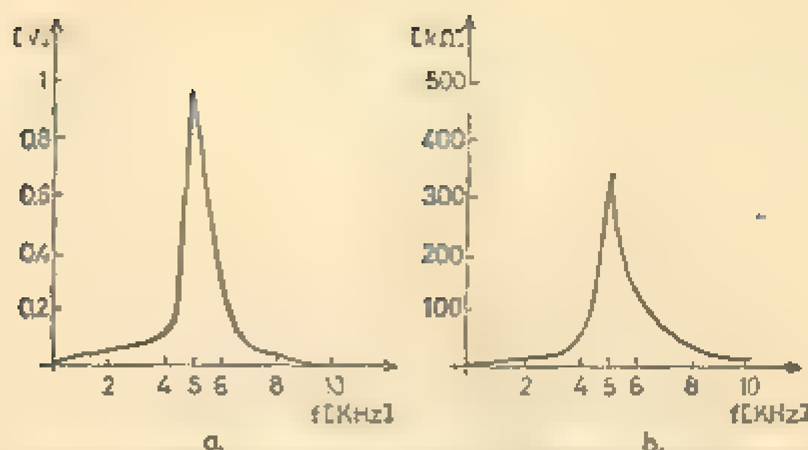



Fig. 11.7. Curbele de rezonanță ale unui circuit rezonant paralel. *a)* curentul, *b)* impedanța

Lărgimea de bandă a unui circuit este intervalul de frecvențe în care impedanța sau tensiunea scade la 0,707 din valoarea maximă (sau 70 % din valoarea maximă).

Lărgimea de bandă a unui circuit rezonant depinde de factorul de calitate $Q$ a circuitului. Deoarece pierderile în condensator sînt neglijabile la frecvențe joase și medii, factorul de calitate este influențat de pierderile bobinei. Calculele sînt destul de anevoioase și depășesc cadrul acestei părți. Pentru necesitățile practice vom da relația de calcul a lărgimii de bandă cînd se cunosc frecvența de rezonanță și factorul de calitate

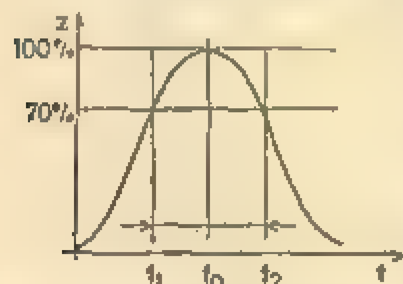



Fig. 11.8. Lărgimea de bandă a unui circuit oscilant paralel

$$B = \frac{f_r}{Q}.$$ De multe ori $B$ se notează cu $\Delta f$.

**Pentru ca un amplificator de radio**frecvență să aibă o bandă îngustă (adică să fie foarte selectiv) trebuie ca circuitul rezonant să aibă un factor de calitate mare. Pentru etajele de frecvență intermediară se aleg de obicei frecvențe mai joase.

## 11.6. Circuite cuplate — Filtre de bandă

Prin cuplarea a două sau mai multe circuite rezonante paralel se formează filtrele de bandă. Aceste dispozitive lasă să treacă o anumită bandă de frecvențe și blochează alte frecvențe. În principiu aceste circuite prezintă o impedanță foarte mică în banda de trecere.

Circuitele oscilante se pot cupla inductiv, capacitiv sau chiar galvanic.

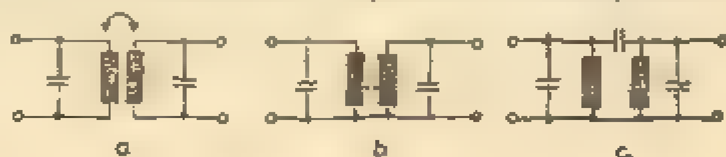



Fig. 11.9. Circuite cuplate

Modul de lucru al unui filtru de bandă este caracterizat de factorul de cuplaj. În funcție de cuplaj avem un transfer de putere mai mult sau mai puțin bun.

Curbele din figura alăturată exprimă cuplajele dintre circuitele oscilante ale unui filtru trece bandă. Curba cu maximul aplatizat caracterizează cuplajul critic. În acest caz se realizează transferul maxim de putere [illegible] cel de-al doilea circuit rezonant. Cuplajul supracritic are o formă [illegible] cu adâncitură în jurul frecvenței de rezonanță. Cuplajul subcritic are o [illegible]. La asemenea [illegible] rezonante [illegible] singur circuit oscilant. Un cuplaj foarte slab dovedește că prin el se pierde energie.

Cu cât mai [illegible] cuplajul [illegible] cuplajul subcritic realizează o bandă de trecere foarte îngustă.

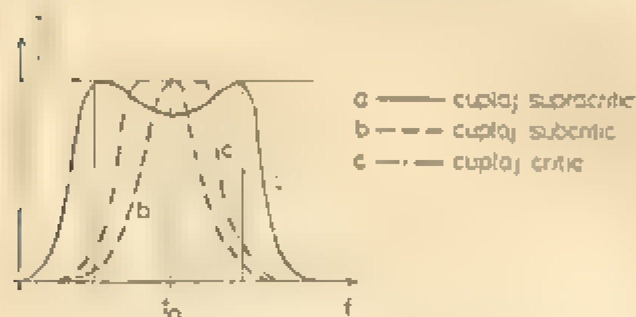



Fig. 11.10. Curbele caracteristice pentru circuite cuplate

F[illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]elor.

## 11.7. Extensia de bandă

În practică apare [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]

[illegible] 1 și 2 [illegible] [illegible] [illegible] Să calcu[illegible] [illegible]

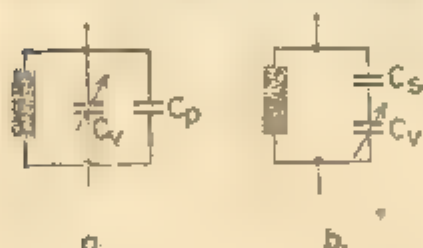



Fig. 11.11. Extensia de bandă a) cu condensator în paralel; b) cu condensator în serie

$$f = \frac{1}{[illegible]}$$

$$= \frac{1}{[illegible]} = [illegible]9 \text{ MHz}$$

$$f = \frac{1}{[illegible]} =$$

$$= \frac{1}{[illegible]} = 3{,}18 \text{ MHz}.$$

Deci acest circuit va acoperi un domeniu între 3 şi 15 MHz, deci un raport de 1 : 5 între frecvenţe.

Pentru a simplifica lucrurile vom împărţi membru cu membru formula lui Thompson pentru frecvenţele extreme.

$$\frac{f_{max}}{f_{min}} = \frac{\dfrac{1}{2\pi\sqrt{L C_{min}}}}{\dfrac{1}{2\pi\sqrt{L C_{max}}}} = \frac{\sqrt{L C_{max}}}{\sqrt{L C_{min}}};$$

$$\boxed{\frac{f_{max}}{f_{min}} = \sqrt{\frac{C_{max}}{C_{min}}}.}$$

*Exemplu*

Se dă frecvenţa minimă [illegible] MHz [illegible] + [illegible] pF. Se [illegible] $f_{max}$

$$f_{max} = \sqrt{[illegible]} \cdot 3\ \text{MHz} = 5 \cdot 3\ \text{MHz} = 15\ \text{MHz}$$

Observaţie: [illegible] 1 : 5 [illegible] frecvenţelor 1 : 5.

REŢINEM: *Raportul frecvenţelor este egal cu rădăcina pătrată a raportului capacităţilor.*

Pentru [illegible]

*Exemplu:*

Considerăm $f_{min} = 3$ MHz [illegible] pF.
Cele două condensatoare [illegible]

$$C_{min} = C_{v\,min} + C_p = 10\ \text{pF} + 300\ \text{pF} = 310\ \text{pF}$$

$$C_{max} = C_{v\,max} + C_p = 250\ \text{pF} + 300\ \text{pF} = 550\ \text{pF}$$

$$f_{max} = \sqrt{\frac{550}{310}} \cdot 3\ \text{MHz} = 4\ \text{MHz}.$$

[illegible] banda de frecvenţe [illegible] 3 şi 4 MHz în loc de 3 şi 15 MHz.

[illegible]

$$\frac{f_{max}}{f_{min}} = \sqrt{\frac{C_{v\,max} + C_p}{C_p + C_{v\,min}}}$$

Din [illegible] în funcţie de $C_p$ şi obţinem:

$$C_p = \frac{C_{v\,max} - \left(\dfrac{f_{max}}{f_{min}}\right)^2 \cdot C_{v\,min}}{\left(\dfrac{f_{max}}{f_{min}}\right)^2 - 1}.$$

Asemănător pentru condensatorul serie obținem relația de calcul

$$C_s = C_{v\,max} \frac{\left(\frac{f_{max}}{f_{min}}\right)^2 - 1}{\frac{C_{v\,max}}{C_{v\,min}} - \left(\frac{f_{max}}{f_{min}}\right)^2}.$$

*Exemplu*:

Dacă se cere o extensie de bandă în limitele $f_{min} = 3,5$ MHz și $f_{max} = 3,8$ MHz să se calculeze $C_p$ și $L$ când $C_v = 10 \div 250$ pF

$$C_p = \frac{250 - \left(\frac{3,8}{3,5}\right)^2 \cdot 10}{\left(\frac{3,8}{3,5}\right)^2 - 1} = \frac{250 - 1,18 \cdot 10}{1,18 - 1} = 1320 \text{ pF}.$$

La frecvența cea mai mare $f = 3,8$ MHz capacitatea este $1320 + 10 = 1330$ pF. Din formula lui Thompson calculăm inductanța $L$

$$L = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C} = \frac{1}{[illegible] \cdot 10^{-12}} = 1,5\ \mu\text{H}.$$

Poate acest capitol pare mai mult matematizat, dar în practica radioamatorilor asemenea probleme nu pot fi evitate și de aceea trebuie stăpânit un aparat matematic minim.

Pentru a vă verifica însușirea acestor noțiuni prezentăm mai jos un set de 10 întrebări și probleme.

## Probleme

1. Desenați caracteristica de frecvență a impedanței unui circuit rezonant serie și a unui circuit paralel. Marcați frecvența de rezonanță.

2. Un circuit oscilant paralel are rezonanța la 14 MHz. Dacă păstrăm capacitatea condensatorului de [illegible] pF și aceeași inductanță a bobinei ce capacitate trebuie să aibă condensatorul paralel necesar?

3. Un circuit rezonant serie are capacitatea condensatorului de 60 pF și rezonează la 7 MHz. Ce capacitate trebuie să adăugăm în paralel pentru ca circuitul să rezoneze la 3,5 MHz?

4. Un circuit oscilant are o capacitate a condensatorului de 200 pF iar rezonanța la 3,5 MHz. Care va fi frecvența de rezonanță pentru o capacitate de 100 pF?

5. Cum variază frecvența de rezonanță a unui circuit oscilant a cărei inductanță se micșorează la jumătate și se dublează capacitatea?

6. Definiți factorul de calitate a unui circuit rezonant.

7. Desenați caracteristica de frecvență a unui circuit rezonant paralel a unui filtru de bandă cu un cuplaj critic și cu un cuplaj supracritic.

8. Un filtru de bandă are frecvențele limită $f_1 = 195,5$ kHz și $f_2 = 204,5$ kHz.
   a) calculați banda de trecere a filtrului.
   b) Care este factorul de calitate al circuitului?

9. Enunțați proprietățile și utilizările filtrelor trece bandă.

10. Cum variază factorul de calitate al unui circuit rezonant dacă rezistența parazită crește?

*Răspunsuri*

1. Variația impedanței funcție de frecvență a unui circuit rezonant serie și a unui circuit rezonant paralel în fig. 11.12 și fig. 11.13.

2. Pentru ca frecvența de rezonanță să scadă la jumătate capacitatea trebuie să crească de patru ori, deci $C = 400$ pF. Condensatorul paralel va trebui să aibă 300 pF.

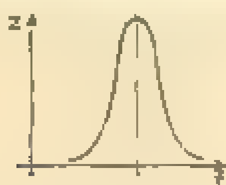


Fig. 11.12.

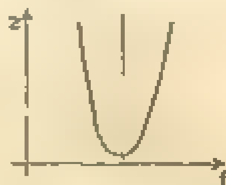


Fig. 11.13.

3. $C_p = (4 - 1)\,C = 3 \cdot 60 = 180$ pF

4. $\frac{f_2}{f_1} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}} = \sqrt{\frac{200}{100}} = \sqrt{2} = 1{,}41$

$$f_2 = \sqrt{2} \cdot f_1 = 1{,}41 \cdot 3{,}5 = 4{,}95 \text{ MHz}$$

5. Frecvența de rezonanță rămîne aceeași.

6. Factorul de calitate este exprimat de relația $Q = \frac{f_{rez}}{\Delta f}$.

7. Curbele filtrelor de bandă pentru diferite cuplaje în fig. 11.14.

8. $\Delta f = f_2 - f_1 = 204{,}5 - 195{,}5 = 9$ kHz

$$Q = \frac{f_{rez}}{\Delta f} = \frac{200 \text{ kHz}}{9 \text{ kHz}} = 22{,}2$$

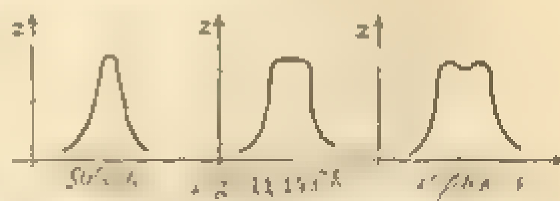


Fig. 11.14.

9. F[illegible] de bandă permit trecerea unei benzi de frecvențe și atenuează pe cele din afara [illegible] ... lărgimea de bandă depinde de factorul de calitate, [illegible] ... Circuitele rezonante [illegible] ... frecvență intermediară ale radioreceptoarelor. În con[illegible] [illegible]

10. Factorul de calitate scade cu creșterea rezistenței parazite.

Capitolul 12

# Materiale semiconductoare. Dioda

## 12.1. Materiale semiconductoare

În acest capitol ne vom ocupa în principal de diodă, funcționarea ei și utilizarea diodei în circuite electronice. Dar în primul rînd trebuie să facem cunoștință cu materialele semiconductoare. Este cunoscută deosebirea dintre materialele bune conducătoare de electricitate și materialele izolante. Materialele conductoare sînt metale, iar cele izolante — materiale precum sticla, porțelanul, emailul, etc. Există și corpuri solide a căror conductivitate este mai slabă decît a metalelor, iar mult mai bună decît a izolatoarelor; aceste materiale se numesc semiconductoare. Din ele se fabrică de o bună bucată de vreme componente electronice precum diodele, tranzistoarele, circuitele integrate. În fabricarea materialelor semiconductoare se utilizează germaniul, seleniul, arseniura de galiu, fosfura de indiu, antimoniura de indiu, dar cea mai largă utilizare a căpătat-o siliciul.

Materialele semiconductoare au o structură cristalină, care se prezintă ca o dispunere a atomilor într-o rețea cu forma geometrică bine determinată.

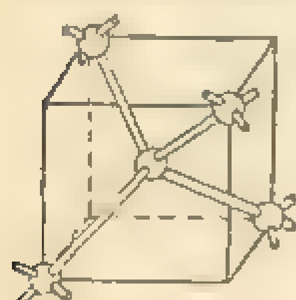


Fig. 12.1. Structura cristalină pentru materiale semiconductoare.

Cele mai importante materiale semiconductoare, germaniul și siliciul au o structură de tetraedru regulat ale cărui vîrfuri sînt situate în colțurile unui cub. Astfel fiecare atom al cristalului are în vecinătatea sa alți patru atomi. Această structură este caracteristică pentru semiconductoare. Într-o structură pur cristalină toți electronii de valență (vezi capitolul 1) sînt legați. La temperaturi joase materialele semiconductoare se comportă ca izolatoare, dar la temperaturi ridicate devin [illegible] bune conducătoare de electricitate.

Aceste considerații se referă la materialele foarte pure. Dacă în mod voit în rețeaua cristalină a atomilor semiconductori se introduc atomi ai altor elemente pe care le numim impurități, atunci echilibrul din structura cristalină se deranjează atît de mult încît conductivitatea crește remarcabil. Trebuie subliniat că gradul de puritate se situează între $10^{-10}$ (germaniu) și $10^{-20}$ (siliciu), ceea ce constituie o puritate deosebit de ridicată. Pentru a înțelege mai bine aceste cerințe vom face o comparație: într-un tren care transportă boabe de porumb este permisă existența numai a unui bob străin.

Dacă temperatura [illegible] semiconductorului crește [illegible] oscilațiile de [illegible] ale atomilor se amplifică și unii electroni de valență se rup. În acest

fel apar electroni liberi și conductivitatea crește. Această conductivitate se numește conductivitate proprie semiconductoarelor. Creșterea conductivității proprii semiconductoarelor odată cu temperatura este foarte dăunătoare în funcționarea diodelor semiconductoare și a tranzistoarelor.

Atomii de germaniu și siliciu au patru electroni de valență. Prin introducerea unor atomi cu cinci electroni de valență, de exemplu antimoniu, se perturbă echilibrul structurii rețelei cristaline. Aceste impurități se numesc atomi donori. Deoarece al cincilea electron de valență nu are legături în rețeaua cristalină în care a fost introdus, el se va mișca liber în rețea, chiar la temperaturi joase. Astfel cristalul devine semiconductor fără creșterea temperaturii. Deoarece conductivitatea se realizează cu electroni liberi de sarcină negativă, vom vorbi de materiale semiconductoare de tip n. Prin introducerea unor atomi cu trei electroni de valență (de exemplu indiu) se perturbă din nou echilibrul structurii cristaline a materialului. De data aceasta apare un electron [illegible] în rețeaua cristalină. Aceste locuri „vacante" pot fi ocupate de electronii atomilor vecini astfel [illegible]. Electronul lipsă este o impuritate de sarcină [illegible] electron [illegible] la apariția unei sarcini pozitive, se poate [illegible] golurile sînt purtătoare de sarcini pozitive. În acest caz avem de-a face cu un semiconductor de tip p.

Să ne reprezentăm o sarcină [illegible] convențional curentului electric.

Fig. 12.2. Reprezentarea simplificată a legăturilor atomice în germaniu

## 12.2. Joncțiunea p-n

[illegible] petrece lucrurile și cu golurile din zona p.

[illegible] de electroni [illegible] de goluri și de electroni [illegible] 0,2 și 0,4 V la germaniu și 0,6 [illegible] 0,8 V la siliciu.

[illegible]

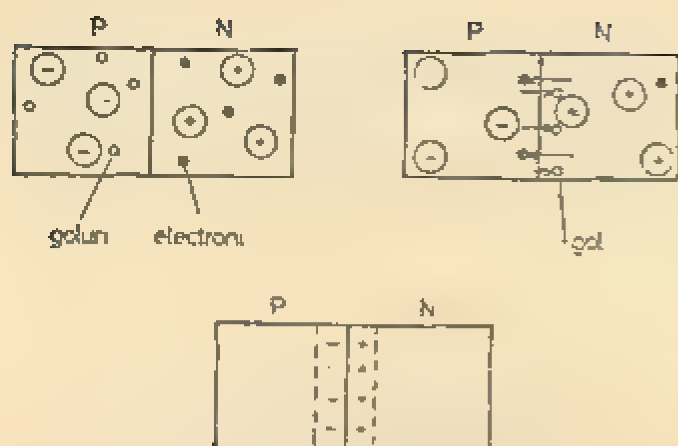



Fig. 12.3. Procesul de formare al joncţiunii p-n




Fig. 12.4. Variaţia sarcinii în zona barierei de potenţial

vor deplasa spre — (minus) şi electronii stratului n spre polul + (plus). Sarcinile de semn contrar se atrag şi limitele barierei de potenţial se lărgesc. Joncţiunea pn este polarizată invers. Prin ea circulă un curent foarte mic, numit curent invers şi este de ordinul a cîtiva microamperi (germaniu) sau nano amperi (siliciu). Abia la o creştere importantă a tensiunii inverse curentul creşte brusc şi joncţiunea se străpunge.

Dacă polarizăm joncţiunea în sens direct, plusul la p şi minusul la n, tensiunea aplicată din exterior va avea sensul contrar tensiunii de barieră. Înălţimea barierei de potenţial scade şi prin joncţiune trece un curent important. Spunem că joncţiunea este polarizată în sensul de conducţie electrică.

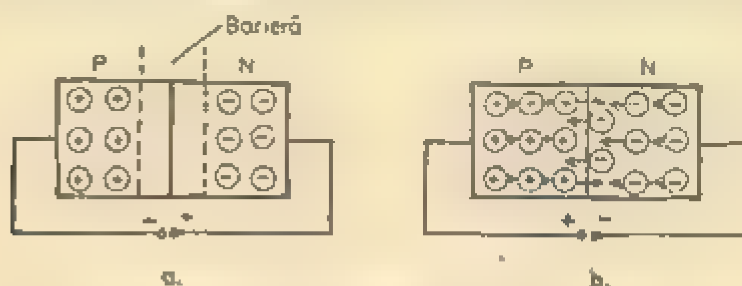



Fig. 12.5. Joncţiunea pn polarizată: a) în sens invers, b) în sens direct

Semiconductorul cu o joncţiune p-n care conduce un curent relativ mare în polarizare directă şi un curent neglijabil în polarizare inversă este numit diodă.

Prin urmare, o diodă conduce dacă polul pozitiv al sursei de tensiune se leagă la anod (stratul p) şi polul negativ se leagă la catod (stratul n).

Să facem următoarea experienţă. Conectăm un bec de lanternă în serie cu o diodă la o baterie corespunzătoare. Apoi vom inversa conexiunile diodei. Vom constata că într-o direcţie beculeţul va lumina (dioda conduce) iar în cealaltă direcţie beculeţul rămîne stins.

Considerînd simbolul din figură, dioda este în stare de conducţie dacă vîrful simbolului este orientat în sensul curentului.







Fig. 12.6. Simbolul diodei semiconductoare

Cu ajutorul unui ohmmetru se poate stabili dacă o diodă este defectă sau nu. Dioda se conectează la bornele unui ohmmetru şi se măsoară rezistenţa sa în ambele sensuri. Într-un sens dioda va prezenta o rezistenţă mică (1–200 Ω), iar în celălalt sens o rezistenţă mare (0,2–3,0 MΩ). Trebuie să fim atenţi ca ohmmetrul să lucreze cu o tensiune de alimentare mai mare decît tensiunea de prag a diodei (de exemplu 0,7 V la dioda cu siliciu). Altfel se vor constata rezistenţe mari în sensul de conducţie. Cu ajutorul ohmmetrului se pot determina şi anodul sau catodul diodei. De cele mai multe ori avem la îndemînă un multimetru care utilizează o baterie de 1,5 V. Plusul bateriei ajunge la plusul obiectului de măsurat, iar în acest fel la borna minus (uneori notată cu COM) a multimetrului ajunge o tensiune pozitivă. Dioda conduce dacă anodul este legat *la plus* şi catodul la minus (plusul instrumentului).

De obicei la aparatele digitale (de exemplu multimetrele echipate cu amplificatoare încorporate, tensiunea de lucru este foarte mică şi ca urmare dioda nu ajunge să conducă în niciun sens.

## 12.3. Caracteristica diodei

Pentru a cunoaşte comportarea şi proprietăţile componentelor electronice se trasează curba de dependenţă dintre curentul măsurat şi tensiunea aplicată. Această curbă se numeşte caracteristică tensiune-curent. În principiu, pe abscisă (axa $OX$) se marchează tensiunea care constituie cauza, iar pe ordonată (axa $OY$) se marchează curentul care constituie efectul. Prin urmare caracteristica tensiune-curent este o reprezentare a legăturii dintre cauză şi efect.

Să facem o experienţă, construind montajul din figură.

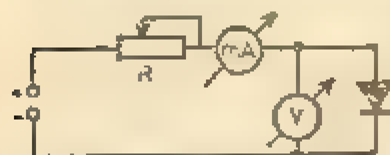



Fig. 12.7. Montaj pentru ridicarea caracteristicii unei diode

În montaj vom folosi un redresor care livrează tensiuni continue între 0 şi 12 V, o rezistenţă adiţională de 500 Ω, un ampermetru, un *voltmetru* cu rezistenţă internă mai mare de 20 kΩ.

Să fixăm pentru început o tensiune de 0,05 V şi să măsurăm curentul din circuit. În continuare vom creşte tensiunea în trepte egale de 0,05 V şi vom măsura de fiecare dată curentul. Valorile măsurate se trec într-un tabel. În final se obţine o diagramă de felul celei din figura 12.8. Experienţa se poate repeta pentru diferite tipuri de diode. Vom constata că la diodele cu germaniu curentul începe să circule la tensiunea de deschidere de cca 0,2 V, iar diodele cu siliciu la 0,5 V.

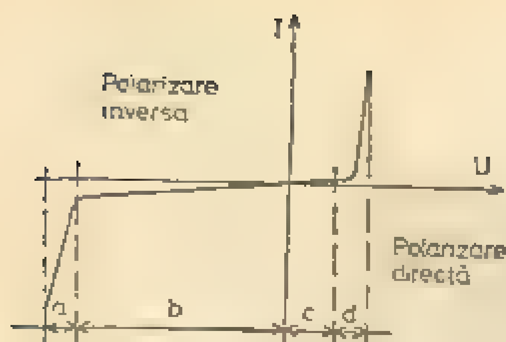



Fig. 12.3 Caracteristica tensiune-curent a unei diode semiconductoare

Pînă acum am vorbit numai de starea de conducție. În cazul polarizării inverse circulă un curent atît de mic încît este foarte greu de măsurat cu un miliampermetru obișnuit. Acest curent are cîțiva microamperi pentru germaniu și cîțiva nanoamperi pentru siliciu. În cazul creșterii tensiunii inverse la depășirea unui anumit prag, curentul crește brusc. Am definit astfel tensiunea de străpungere care este întotdeauna indicată de producător. Dacă nu se iau măsuri de limitare a curentului în așa fel ca să nu fie depășită puterea maximă admisibilă a joncțiunii, dioda se distruge. Această tensiune este mai mică de [illegible] V la diodele cu germaniu și între 100 și [illegible] V la diodele cu siliciu. De aceea vom prefera diodele cu siliciu în redresoarele de rețea.

Străpungerea joncțiunii p-n se poate explica prin efectul Zenner și prin procesul de multiplicare prin avalanșă.

Efectul Zenner constă în generarea de perechi [illegible] în regiunea de trecere îngustă datorită cîmpului electric foarte puternic [illegible] tensiunea inversă mare aplicată diodei. Creșterea numărului de purtători de sarcină mobili duce la creșterea curentului.

[illegible] curentul crește rapid.

## 12.4 Redresarea monoalternanță —

Proprietatea tipică a diodei [illegible] pentru polarizare inversă are [illegible] în serie o diodă și o rezis[illegible] [illegible] Pe durata alternanței negative prin diodă circulă un [illegible] prin rezistența de sarcină [illegible] un curent [illegible] Se spune că acest curent [illegible] numai o alternanță a tensiunii alternative, [illegible] un redresor monoalternanță.

Dacă în paralel cu rezistența $R_s$ montăm un condensator de valoare mare, acesta se va încărca în timpul primei alternanțe și se va de[illegible] în

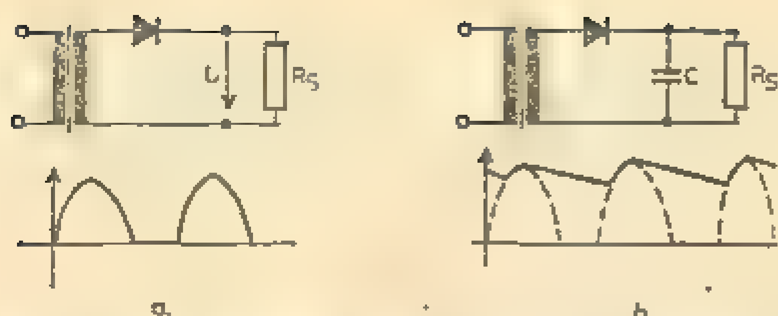



Fig. 12.9. Redresor monoalternanță: a) simplu; b) cu condensator de filtraj

timpul celeilalte. Tensiunea ce cade pe rezistența de sarcină este mult aplatizată și după cum se vede în diagrama din figură condensatorul se încarcă la valoarea de vîrf a tensiunii alternative. Tensiunea măsurată pe condensator este, prin urmare $U_c = \sqrt{2}\,U_{ef} = 1{,}41\,U_{ef}$.

## 12.5. Redresorul bialternanță

În cazul redresării monoalternanță se folosește numai o semiperioadă. Pentru a utiliza și cealaltă semiperioadă avem nevoie de un transformator al cărui secundar este format din două înfășurări identice legate în serie, la care se conectează două diode. Punctul de legătură între cele două înfășurări secundare este așa numita priză mediană, iar schema din fig. 12.10 este schema redresorului bialternanță cu priză mediană.

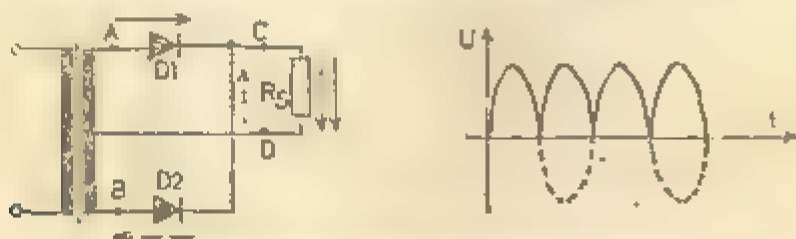



Fig. 12.10. Redresor bialternanță cu priză mediană

Dacă la punctul A apare alternanța pozitivă, prin dioda $D_1$ circulă un curent în sensul indicat cu săgeată continuă. Pe timpul alternanței negative punctul $B$ devine pozitiv și prin dioda $D_2$ circulă un curent indicat cu săgeată punctată. După cum se observă, prin rezistența $R_s$ circulă mereu un curent de același sens. Dacă în paralel cu rezistența $R_s$ se montează un condensator pe care îl numim condensator de filtraj, tensiunea pulsatorie se aplatisează și devine aproape continuă. Tensiunea maximă pe condensator se calculează ca în cazul redresorului monoalternanță.

## Puntea redresoare

Dacă nu avem un transformator cu priză mediană, putem construi un redresor bialternanţă utilizând patru diode montate în punte.

Să considerăm schema din figura [illegible]. Presupunem că punctul A devine pozitiv faţă de B. Curentul va circula prin $D_1$, $R_s$, $D_3$, punctul B.

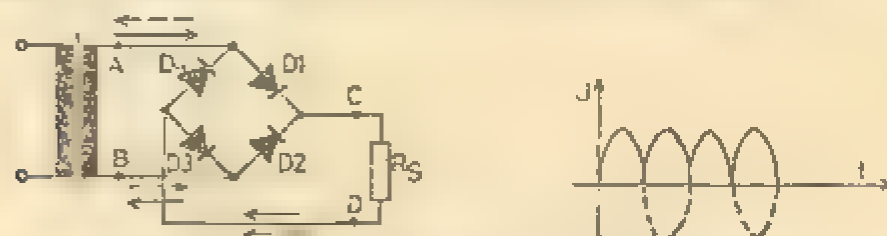



Fig. 12.11. Redresor în punte

În timpul celeilalte alternanţe punctul $B$ va fi pozitiv faţă de $A$, iar curentul va circula de la $B$ prin $D_2$, $R_s$, $D_4$, punctul $A$.

Constatăm şi de această dată că prin $R_s$ circulă un curent continuu de acelaşi sens. Şi aici montarea unui condensator electrolitic în paralel cu rezistenţa de sarcină ameliorează forma de undă a tensiunii redresate. [illegible] de 2 ori mai mică [illegible]

## 12.6 Redresor cu multiplicare de tensiune

În radiotehnică se utilizează adesea schemele de redresoare cu dublare sau multiplicare de tensiune. Acestea sunt necesare pentru obţinerea tensiunilor înalte pentru etajele finale [illegible] fără a fi nevoie de transformatoare de tensiuni înalte.

Schema din figura 12.12 funcţionează în felul următor: când avem la punctul A alternanţa pozitivă, conduce dioda $D_1$ şi se încarcă condensatorul $C_1$. În timpul alternanţei negative punctul $B$ este pozitiv, dioda $D_2$ conduce şi se încarcă condensatorul $C_2$ cu aceeaşi polaritate ca şi $C_1$. Pe rezistenţa de sarcină $R_s$ se măsoară o tensiune sumă a tensiunilor de la bornele celor doi condensatori, deci dublul tensiunii de vîrf.

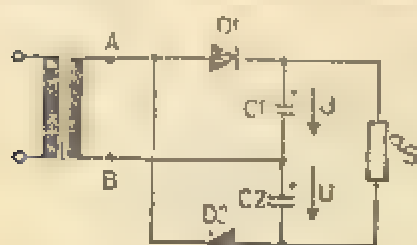



Fig. 12.12. Redresor cu dublare de tensiune

O altă schemă de redresor bialternanţă este redresorul în cascadă, numit şi redresor Siemens. În timpul alternanţei negative dioda $D_1$ este în conducţie şi se încarcă condensatorul $C_1$, iar apoi conduce dioda $D_2$ şi se încarcă condensatorul $C_2$. În felul acesta sursa de tensiune şi condensatorul $C_1$

Fig. 12.13. Redresor în cascadă

Fig. 12.14. Redresor cu multiplicare de tensiune

tine real se leagă în serie și în acest fel condensatorul $C_2$ se va încărca la o tensiune dublă. Avantajul acestei scheme este că secundarul transformatorului poate fi legat cu un singur punct la masă și schema se poate continua ca în figura 12.14.

În timpul semiperioadei pozitive se deschid diodele $D_2$ și $D_4$, iar în timpul semiperioadei negative se deschid diodele $D_1$ și $D_3$. La fiecare semiperioadă condensatorul $C_2$ își trece sarcina pe următorul condensator. Deci condensatorul consecutiv se încarcă la dublul tensiunii precedentului. Dacă legăm rezistența de sarcină între punctele $A$ și $E$, vom avea o tensiune redresată triplă sau prin continuarea schemei de cinci sau de șapte ori mai mare. Dacă legăm rezistența de sarcină între punctele $B$ și ... tensiunea redresată va fi dublă sau de 4, respectiv 6 ori mai mare.

## Test

1. [illegible]?
2. [illegible] pentru diode [illegible] în redresoarele de rețea?
3. Ce se înțelege prin materiale semiconductoare?
4. [illegible] Arseniu [illegible]
5. [illegible]?
6. Desenați [illegible] tensiunii de la bornele condensatorului?
7. [illegible]
8. Desenați [illegible]
9. Desenați [illegible]

## *Răspunsuri*

1. Seleniul, Germaniul și Siliciul.
2. Siliciul.
3. Materialele semiconductoare au o conductivitate [illegible] și izolatoare.
4. Material de tip n.
5. O conductivitate mai bună decît a unui izolator.
6. Vezi fig. 12.9.b. $U_c = \sqrt{2}\ U_{ef}$.
7. Vezi fig. 12.10.
8. Vezi fig. 12.12.
9. Vezi fig. 12.14.

Capitolul 13

# Diode semiconductoare speciale

În capitolul precedent am făcut cunoștință cu dioda semiconductoare. După ce am prezentat materialele semiconductoare și dopările lor de tip N sau P, precum și joncțiunea PN am ajuns la utilizarea diodei ca redresor de curent alternativ. Schemele descrise trebuie reținute pentru a le putea desena oricînd. Înainte de a trece mai departe este bine să vă testați cunoștințele. Desenați deci

— schema unui redresor monoalternanță
— schema unui redresor bialternanță cu priză mediană
— **schema unui redresor în punte**
— schema unui redresor cu dublare de tensiune

În acest capitol vom prezenta dioda cu capacitate variabilă, dioda cu contact punctiform, dioda tunel și altele.

## 13.1. Dioda cu capacitate variabilă

S-a observat că joncțiunea PN prezintă la polarizare inversă o capacitate **care depinde de tensiunea** aplicată. Diodele la care s-a folosit această proprietate se numesc diode varactor, diode varicap sau diode cu capacitate variabilă. S-a generalizat denumirea de diodă varicap.




Capacitatea unei diode varactor [illegible] capacitatea de barieră variază în funcție de tensiunea inversă aplicată. Dioda [illegible] **condensator cu capacitate variabilă**

$$C = \frac{C_0}{(1 + 1{,}5\, V_R)^n}$$



Fig. 13.1. Formarea capacității de barieră în joncțiunea pn

unde $C_0$ este capacitatea joncțiunii în lipsa polarizării externe, $V_R$ tensiunea inversă, $n$ un coeficient dependent de tehnologia de fabricație a diodei.

Simbolul unei astfel de diode este format din simbolul unei diode la care se adaugă simbolul unui **condensator variabil.**

Diodele varicap se utilizează la acordul circuitelor oscilante în gama undelor scurte și ultrascurte. În schema din fig. 13.4 se prezintă schema de conectare într-un circuit oscilant format din inductanța $L$ și capacitatea diodei varicap. Condensatorul $C_1$ de trecere împiedică scurtcircuitarea în curent



Fig. 13.2. Simbolul diodei varicap.

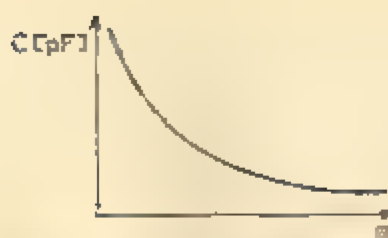



Fig. 13.3. Variația capacității în funcție de tensiunea inversă a unei diode varicap.

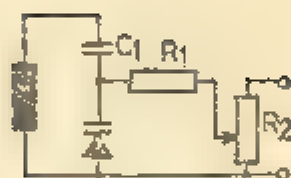



Fig. 13.4. Circuit oscilant cu diodă varicap.

[illegible] prin bobină, tensiunea de comandă se aplică diodei prin potențiometrul $R_2$ și rezistorul $R_1$ (sute de kΩ). Curentul invers al diodei este foarte mic și pe $R_1$ tensiunea de comandă scade foarte puțin. Acordul circuitului se realizează prin deplasarea cursorului potențiometrului $R_2$.

[illegible] la multiplicarea frecvențelor [illegible] automată a frecvenței [illegible] toarelor.

## 13.2. Diode cu contacte punctiforme

Suprafața relativ mare a joncțiunii [illegible] în [illegible] Pentru [illegible] dioda cu contact punctiform.

[illegible] de germaniu se înfige vârful unui fir metalic. Joncțiunea formată între vârf [illegible] de germaniu de tip [illegible] foarte [illegible] punctiform. Prin [illegible] radioreceptoarelor.

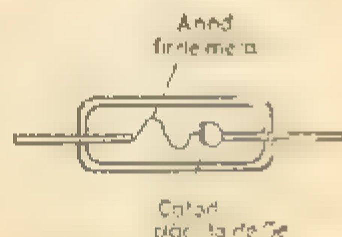



Fig. 13.5. Diodă cu contact punctiform.

## 13.3. Dioda stabilizatoare

[illegible] de străpungere [illegible] PN [illegible] Zener [illegible] la tensiuni mici apare [illegible]

În zona [illegible] în domeniul invers de [illegible]

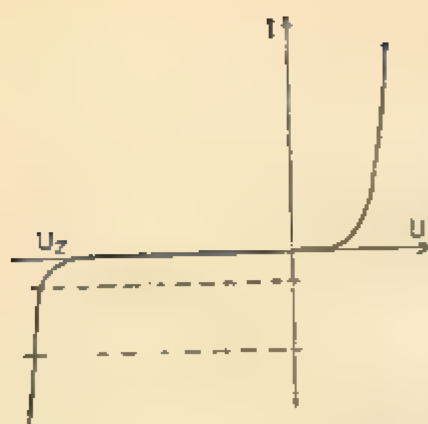



Fig. 13.6. Caracteristica unei diode Zenner

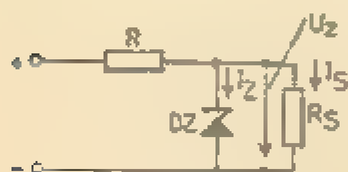



Fig. 13.7. Stabilizator

la variații foarte mici ale tensiunii aplicate și dioda poate funcționa timp îndelungat în acest regim. Acest domeniu reprezintă domeniul de stabilizare.

În principiu dioda stabilizatoare se montează în serie cu o rezistență. Trebuie menționat că fără această rezistență limitatoare de curent la o mică depășire a tensiunii de străpungere (tensiune de stabilizare) dioda se distruge.

Dacă tensiunea $U_1$ crește pînă la valoarea tensiunii $U_z$, tensiunea la ieșire rămîne egală cu cea de la intrare, deoarece prin diodă nu trece nici un curent. Cînd totuși $U_1$ atinge valoarea $U_z$, curentul prin dioda crește fără ca tensiunea $U_z$ să mai varieze. Acesta este fenomenul de stabilizare.

Trebuie să reținem că dioda stabilizatoare se utilizează în domeniul de străpungere împreună cu o rezistență de limitare. Această rezistență va fi astfel dimensionată încît dioda să nu fie suprasolicitată nici la tensiunea maximă de intrare.

## 13.4. Dioda tunel

Dioda tunel a mai fost numită și dioda Esaki după numele inventatorului ei. O diodă tunel se obține prin impurificarea cu impurități a ambelor regiuni ale unei joncțiuni p-n; regiunea p este de 200 de ori mai dotată decît la semiconductorii obișnuiți, iar regiunea n de 2000 de ori mai dotată. Din cauza aceasta zona de barieră este foarte îngustă, de ordinul unei sutimi de micron.

Se constată că există posibilitatea ca electronii care posedă energii mai mici decît bariera de potențial a joncțiunii să treacă această barieră. O astfel de trecere este efectul tunel.

Caracteristica unei astfel de diode poate fi împărțită în trei regiuni:

— regiunea I care corespunde unei tensiuni directe mici. Numărul de electroni care trec bariera crește odată cu creșterea tensiunii.

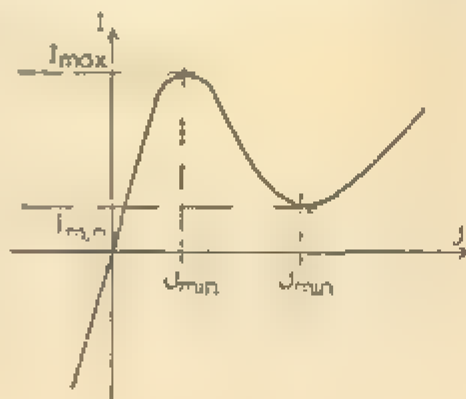



Fig. 13.8. Caracteristica unei diode tunel

— regiunea II prezintă o scădere a curentului o dată cu creşterea tensiunii directe. În această regiune dioda prezintă o rezistenţă negativă. Această proprietate este folosită în oscilatori pentru compensarea pierderilor în circuitele oscilante şi producerea de oscilaţii întreţinute.

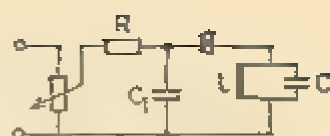



Fig. 13.9. Oscilator cu diodă tunel

În fig. 13.9 este prezentată schema unui oscilator cu dioda tunel. Potenţiometrul reglează punctul de funcţionare iar dioda tunel compensează prin condensatorul $C_1$ pierderile circuitului oscilant. Din păcate aceste oscilatoare sînt puternic influenţate de temperatură, semnalul este mic iar reglajul este dificil.

## 13.5. Dioda PIN

După cum arată titlul această diodă este formată din trei straturi. Pe cele două feţe ale unei plachete de siliciu de tip p cu o rezistivitate foarte mare (peste 450 Ω·cm) se obţin, prin difuzie, zonele p şi n.

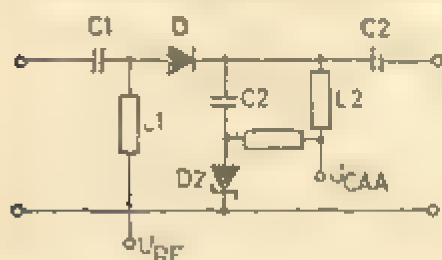



Fig. 13.10 Circuit de reglaj automat al amplificării cu diodă PIN

Cea mai importantă proprietate a diodei PIN este că poate apare ca o rezistenţă pură la frecvenţe înalte. Valoarea acestei rezistenţe poate fi comandată între 1 şi 10 000 Ω printr-un curent continuu sau de joasă frecvenţă. Astfel se poate folosi în dispozitivele de reglaj automat al amplificării la intrarea de înaltă frecvenţă a radioreceptoarelor.

*Clasificarea diodelor semiconductoare*

| Tipul | Utilizarea |
|---|---|
| Diode cu contact punctiform | Detectoare de înaltă frecvenţă pentru semnal mic. Demodulatoare |
| Diode varicap<br>Varactoare | Acordul circuitelor oscilante<br>modulaţie de frecvenţă<br>multiplicare de frecvenţă |
| Diode tunel | Generatoare de oscilaţii în domeniul microundelor |
| Diode redresoare | Redresoare |
| Diode Zener | Stabilizatoare de tensiune<br>Limitatoare de tensiune |
| Diode PIN | Rezistenţă reglabilă în înaltă frecvenţă |

## Test

1. Care este relaţia dintre frecvenţă şi tensiune la o diodă varicap.
2. Ce este o diodă tunel?
3. Desenaţi caracteristica unei diode Zener

## *Răspunsuri*

1. Odată cu creşterea tensiunii de polarizare capacitatea scade iar frecvenţa creşte.
2. Dioda tunel are joncţiunea foarte dopată. In domeniul de trecere (0–200 mV) dioda tunel prezintă o rezistenţă negativă.
3. Vezi figura nr. 13.6.

Capitolul 14

# Tranzistorul (I)

În capitolele precedente am studiat structura şi modul de funcţionare al diodei semiconductoare, precum şi utilizările ei. Într-o diodă semiconductoare elementul esenţial este joncţiunea p-n. La un tranzistor bipolar există două astfel de joncţiuni. Pentru a putea înţelege bine fenomenele din tranzistor va trebui să recapitulaţi paragraful referitor la joncţiunea p-n.

## 14.1. Structura tranzistorului

Există două feluri de tranzistoare: tranzistoare bipolare, şi tranzistoare unipolare numite şi tranzistoare cu efect de câmp (T.E.C.).

Tranzistorul bipolar, tranzistorul „obişnuit", este compus din trei zone. Dacă unei structuri p-n se adaugă un strat p sau un strat n pot să apară două feluri de structuri de tranzistoare: structură p-n-p sau structură n-p-n. La fiecare strat se ataşează un electrod de conexiune metalic care vor purta denumirea de: emitor (E), bază (B) şi colector (C). Între două regiuni apar joncţiunile pn. Între ele este regiunea numită bază care are o grosime foarte mică ce face ca cele două joncţiuni să interacţioneze şi să apară aşa-numitul „efect de tranzistor". Acest fenomen constă în esenţă în faptul că purtătorii minoritari injectaţi de emitor în bază, golurii la tranzistoarele de tip pnp, electronii la tranzistoarele de tip npn, ajung în cea mai mare parte în colector prin fenomenul cunoscut sub numele de difuzie şi numai o foarte mică parte se recombină în bază.

Tranzistorul a fost inventat în anul 1947 de trei cercetători americani John Bardeen, W. Shockley şi W.H. Brattain de la Bell Telephone Laboratories care au încercat să creeze un dispozitiv electronic capabil să înlocuiască tuburile electronice cu catod încălzit. Acesta urma să fie utilizat în amplificatoarele folosite în telefonia la mare distanţă. În cercetare au lucrat aproape opt ani, iar noul dispozitiv

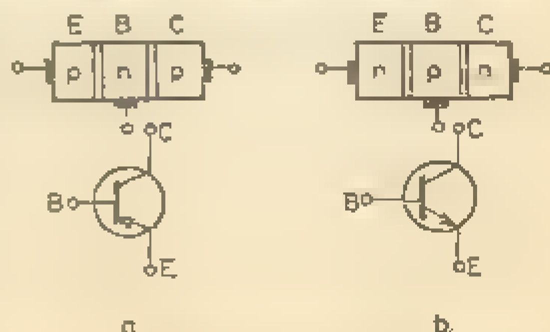



Fig. 14.1. Dispunerea joncţiunilor şi simbolurile tranzistorului bipolar

era format dintr-o plăcuță de germaniu de tip n și două firișoare metalice care făceau cîte un contact punctiform cu plăcuța. Acest dispozitiv a căpătat numele de tranzistor prin unirea a două cuvinte: transfer și rezistor. Primul tranzistor avea o amplificare egală cu 40 la o frecvență de 1000 Hz. Astfel de tranzistoare nu se mai fabrică astăzi. În timpul care s-a scurs de la inventarea tranzistorului au fost elaborate o serie de tehnologii de fabricație și deci și de tipuri de tranzistoare. Astăzi tranzistoarele se fabrică prin două procedee: **tehnica alierii și tehnica difuziei.**

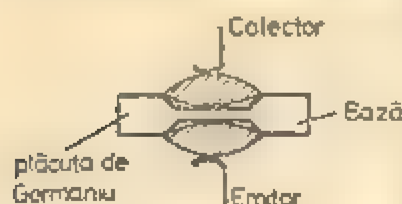



Fig. 14.2. Secțiune printr-un tranzistor cu germaniu.

În tehnologia de aliere punctul de plecare îl constituie o plăcuță tăiată dintr-un monocristal de germaniu dotată cu impurități de tip n. De o parte și de alta a plăcuței se fixează cîte o bilă de indiu care pentru germaniu este o impuritate de tip p. Ansamblul se încălzește la temperatura de topire a indiului. Indiul pătrunde în rețeaua cristalină a semiconductorului, astfel încît după răcire sub bilele de indiu apar zone de tip p. Perla care formează colectorul este mai mare decît cea a emitorului și e mai slab dotată. Grosimea bazei depinde și de durata procesului de aliere. Pe cele trei regiuni ale tranzistorului se sudează firele de conexiuni, sistemul este fixat pe o plăcuță suport **și apoi încapsulat.**

Tot astfel se pot fabrica tranzistoare de germaniu tip npn prin alierea a două perle de antimoniu pe o plăcuță de germaniu tip p. Un procedeu asemănător se aplică și la fabricarea tranzistoarelor cu siliciu.

Principalul dezavantaj al tranzistoarelor aliate este frecvența maximă **de lucru relativ mică.**

Printre tranzistoarele aliate fabricate de IPRS Băneasa se află de exemplu EFT 323 (pnp) și EFT 373 (npn) sau AC 180 (pnp) și AC 181 (npn). Se utilizează ca amplificatoare de joasă putere tranzistoare de putere medie, 5—10 W cum sînt AD 152—155, iar cele de puteri mari, 30—50 W, cum sînt **AD 130 și AD 131.**

Spre deosebire de procedeul de aliere care implică o stare lichidă, procedeul de difuzie presupune o fază gazoasă. Cristalul semiconductor se încălzește la o temperatură apropiată de cea de topire într-o atmosferă gazoasă ce conține vapori de impurități care pătrund în cristal. Pentru fabricarea unei joncțiuni pn se încălzește o plăcuță semiconductoare de tip n într-o atmosferă de atomi de tip p. Aceștia pătrund în interiorul plăcuței formînd o regiune de tip p. Cel mai important tip de tranzistor care se fabrică prin tehnica difuziei este tranzistorul planar. Principala calitate a acestui tranzistor este frecvența de lucru foarte ridicată care ajunge și la cîteva mii de MHz. Aceasta deoarece prin difuzie stratul bazei poate fi făcut extrem de subțire.

## 14.2. Tranzistorul ca amplificator

Tranzistorul poate fi conectat în montaje în trei moduri distincte, după care își iau denumirea de la electrodul care se leagă la masă pentru a fi comun atît intrării cît și ieșirii. Avem prin urmare trei scheme de conexiune cu

baza comună, cu emitor comun și cu colector comun. Pentru explicarea funcției de amplificare a tranzistorului vom alege conexiunea cu emitor comun.

Deci, între emitor și bază vom conecta o tensiune care să polarizeze joncțiunea PN în sensul de conducție. Electronii purtători de sarcină negativă sînt emiși de emitor spre zona bazei. Din cauza slabei dotări a acestei zone aici nu au loc prea multe recombinări. Dacă pe colector se aplică o tensiune pozitivă, electronii traversează zona foarte subțire a bazei și prin difuzie ajung la colector. În felul acesta cea mai mare parte a electronilor emiși de emitor ajung la colector și numai o mică parte vor circula prin circuitul de bază. Rezultă că vom avea un curent de colector mult mai mare decît cel de bază. Dacă tensiunea dintre bază și emitor ($U_{BE}$) crește, atunci mai mulți electroni produși de emitor vor ajunge la colector. Deci o creștere a tensiunii dintre bază și emitor duce la o creștere a curentului de colector. Se poate spune că putem comanda cu un curent foarte mic de bază un curent mult mai mare de colector. Fenomenul se numește amplificare în curent a tranzistorului.

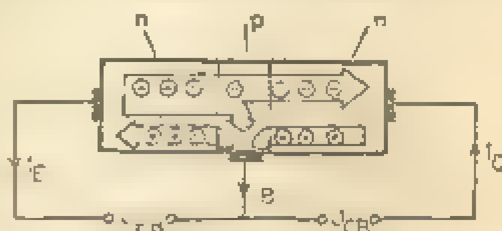


Fig. 14.3. Curenții printr-un tranzistor bipolar

Pentru un tranzistor pnp principiul este același, numai că polarizarea este inversă, iar purtătorii de sarcină sînt golurile. [illegible]

## 14.3. Simboluri și scheme echivalente

Simbolul tranzistorului bipolar își are originea în forma constructivă a primului tranzistor cu contacte punctiforme. Emitorul este reprezentat printr-o săgeată. La un tranzistor pnp săgeata este îndreptată spre bază, iar la un tranzistor npn săgeata este îndreptată dinspre bază. De fapt săgeata indică sensul convențional al curentului prin tranzistor. Dar cum vom polariza tranzistorul? Vom proceda în așa fel încît joncțiunea bază-emitor să fie deschisă, iar cea dintre colector și bază blocată. Amintim că joncțiunea este polarizată direct dacă plusul sursei de tensiune este conectat la regiunea p și minusul la regiunea n. Deci pentru tranzistorul pnp minusul tensiunii $U_{CE}$ se află pe colector. Pentru tranzistorul npn tensiunile vor fi inverse ca sens.

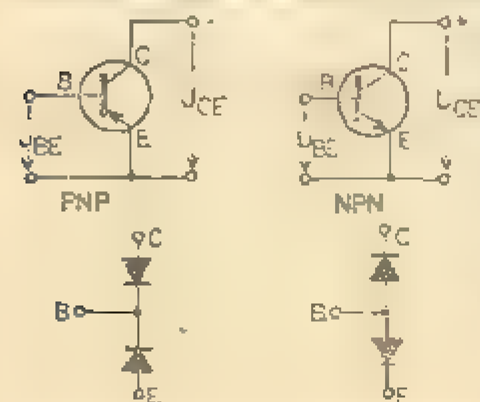


Fig. 14.4. Simboluri și scheme echivalente

*Va trebui să reținem că la un tranzistor npn toate tensiunile sînt pozitive față de emitor, iar la un tranzistor pnp sînt negative.*

Pentru a înțelege mai bine funcționarea unui tranzistor au fost imaginate mai multe scheme echivalente a căror explicare presupune utilizarea unui aparat matematic foarte elevat. În mod foarte simplist vom nchipui schema din fig. 14.4 Desigur aceasta nu se poate realiza în practică, pentru că de exemplu baza are o grosime de numai cîțiva μm și este foarte slab dotată. Deci schema echivalentă înlocuiește fiecare joncțiune printr-o diodă. Pentru ca joncțiunea bază-emitor să fie în stare de conducție vom aplica o tensiune de 0,2 0,3 V pentru germaniu și 0,5 0,6 V pentru siliciu, iar pentru ca joncțiunea colector-bază să fie polarizată invers tensiunea $U_{CE}$ va trebui să fie mai mare, în practică folosindu-se tensiuni cuprinse între 4 și 10 V. Schema echivalentă fig. 14.4. cu diode a tranzistorului ne permite să facem o verificare sumară a unui tranzistor cu ajutorul unui ohmmetru în același mod cum se face pentru diode. Dacă cunoaștem conexiunile tranzistorului, vom pune o clemă a ohmmetrului la bază iar cealaltă clemă odată la colector, o dată la emitor. În funcție de polaritatea clemelor și tipul tranzistorului (pnp sau npn) ambele joncțiuni vor prezenta ori rezistență mare (blocare) sau ambele o rezistență mică (conducție). Între colector și emitor vom măsura totdeauna o rezistență mare deoarece indiferent de polarizarea tensiunii dintre colector și emitor, una din joncțiuni (diode) va fi blocată.

Dacă nu cunoaștem conexiunile tranzistorului, vom identifica mai întîi baza cu ajutorul acestei metode. Vom ține seama că întotdeauna [illegible] rezistența dintre bază și ceilalți electrozi rămîne aceeași, mare sau mică.

## 14.4. Parametrii tranzistorului

Pentru cunoașterea practică a unui tranzistor se fac măsurători ale caracteristicilor sale. Considerînd montajele care se trasează din figură, observăm că $I_e$, curentul din emitor se împarte în două părți, un curent foarte mic de bază $I_b$ și un curent de colector $I_c$.

Deci vom putea scrie

$$I_e = I_b + I_c$$

Trebuie să reținem că mereu curentul de colector este mult mai mare decît curentul de bază.

În continuare vom descrie un montaj practic cu ajutorul căruia se pot determina caracteristicile statice ale unui tranzistor. Aceste caracteristici reprezintă dependențele funcționale dintre curenții și tensiunile din tranzistor. În schema dată se folosește o sursă de curent continuu cu tensiunea 12 V, două voltmetre pentru $U_{BE}$ și $U_{CE}$ și două miliampermetre pentru măsurarea curenților de bază și de colector. Potențiometrul $P_1$ va fi de 500 Ω, iar $P_2$ de 100 Ω. Rezistența de polarizare $R_p$ va avea între 5 și 10 K.

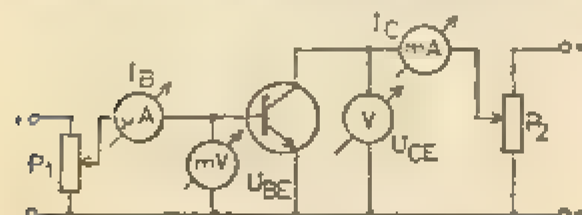


Fig. 14.5. Montaj pentru determinarea caracteristicilor statice ale unui tranzistor

Pentru început vom roti potențiometrul $P_1$ la minim și vom măsura $U_{BE} = 0$V. Cu ajutorul lui $P_2$ vom stabili $U_{CE} = 5$ V. În

continuare creştem tensiunea $U_{BE}$ foarte încet pînă la 0,4 V. Vom observa că cele două miliampermetre indică un curent de bază şi un curent de colector. Dacă tensiunea dintre bază şi emitor creşte încet, vom observa circulaţia curentului foarte mic de bază, care este mai mic de 1 mA. În funcţie de tipul tranzistorului valoarea curentului de colector se situează între 10 şi 50 mA. În felul acesta trasăm caracteristica de intrare a unui tranzistor care reprezintă dependenţa dintre tensiunea bază-emitor şi curentul de bază. În continuare vom trasa caracteristica de ieşire a unui tranzistor care descrie dependenţa dintre tensiunea colector-emitor $U_{CE}$ şi curentul de colector $I_{CE}$. Pentru început vom păstra tensiunea $U_{CE}$ egal cu 5 V. Cu ajutorul potenţiometrului $P_1$ stabilim un curent de bază de cca 50 µA. Acest curent va rămîne constant în timp ce tensiunea colector-emitor $U_{CE}$ variază între 5—10 V. Pentru trasarea caracteristicii complete tensiunea $U_{CE}$ va avea o variaţie între 0—10 V. Se observă că în domeniul 1—10 V curentul de colector rămîne aproape constant ceea ce înseamnă că tensiunea de 1 V este suficientă pentru ca toţi electronii care trec prin bază să ajungă la colector.

În continuare se pot face măsurări ţinînd constant $I_B$ = 100 µA, 250 µA ş.a.m.d.

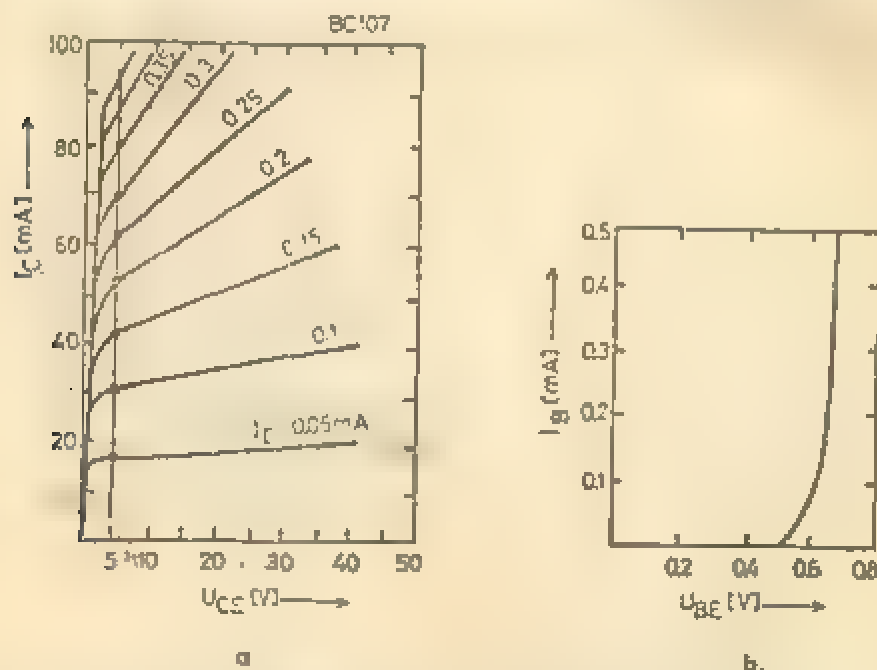



Fig. 14.6. Caracteristicile de intrare şi ieşire ale unui tranzistor

Pentru a înţelege mai bine aceste caracteristici vom face cîteva exerciţii. Să luăm mai întîi caracteristica de intrare. Care este mărimea tensiunii $U_{BE}$ pentru următoarele valori ale curentului de bază: *a)* 0,1 mA; *b)* 0,2 mA; *c)* 0,3 mA. După aceasta, considerînd $U_{CE}$ = 5 V, să citim valorile curentului de colector din caracteristica de ieşire a tranzistorului corespunzătoare curenţilor rezultaţi din prima diagramă. Rezultatele se vor trece într-un tabel.

## Test

1. Un tranzistor *npn* este format din:
   *a.* un strat subțire de semiconductor de tip *p* plasat între două straturi de tip *n*
   *b.* un emitor o bază și un colector
   *c.* un material semiconductor emițător de electroni și protoni
2. Ce se întîmplă într-o joncțiune *pn* atunci cînd se aplică o tensiune inversă?
   *a.* golurile și electronii traversează joncțiunea
   *b.* Purtătorii majoritari din zona *p* se combină cu cei din zona *n*.
   *c.* Scade potențialul joncțiunii *pn*.
3. Polarizarea unui tranzistor este
   *a.* directă atît pe joncțiunea bază-emitor cît și pe bază-colector
   *b.* directă pe bază-emitor și inversă pe bază-colector
   *c.* inversă pe ambele joncțiuni
   *d.* inversă pe bază-emitor și directă pe bază-colector
4. Într-un tranzistor curentul de colector depinde de:
   *a.* tensiunea de colector
   *b.* polarizarea directă
   *c.* conținutul de impurități
   *d.* curentul din bază

5. Desenați caracteristica de intrare a unui tranzistor. Atenție la notația axelor de coordonate.

6. Desenați caracteristica de ieșire a unui tranzistor

7. Ce se înțelege prin rezistența de intrare a unui tranzistor?
Raportul dintre *a.* Curentul din bază și tensiunea bază-emitor *b.* variația curentului din bază la o variație a tensiunii bază emitor *c.* variația tensiunii bază emitor și variația curentului din bază

*Răspunsuri:*

1. *a*; 2. *b*; 3. *b*; 4. *b*; 5. fig. 16.6; 6. fig. 16.6; 7. *c*

Capitolul 15.

# Tranzistorul (II)

După ce în capitolul precedent am prezentat procesele interne ale tranzistorului vom trece acum la descrierea schemelor practice de utilizare.

Totuşi cîteva întrebări recapitulative ne vor fixa cunoştinţele teoretice.

1. Ce tipuri de tranzistoare bipolare cunoaşteţi?
2. Ce polaritate au tensiunile $U_{CE}$ şi $U_{BE}$ ale unui tranzistor bipolar NPN?
3. Desenaţi schema echivalentă cu diode a unui tranzistor NPN.
4. Trasaţi caracteristica de intrare a unui tranzistor.
5. Trasaţi caracteristicile tipice de ieşire ale unui tranzistor. Reţineţi indicii axelor de coordonate.
6. Cum se poate calcula curentul de emitor în funcţie de curentul de colector şi curentul din bază?

Răspunsurile le puteţi verifica reluînd capitolul precedent. Dacă aţi răspuns bine puteţi trece mai departe.

## 15.1. Amplificatoare de tensiune

După cum ştim amplificatorul de curent cu ajutorul unui curent mic, de bază, poate comanda un curent mare de colector. La fel se poate întîmpla şi cu tensiunile. În radioamatorism amplificarea în tensiune ocupă un rol foarte important. Tensiunea foarte mică a unui semnal captat de o antenă trebuie amplificată foarte mult pentru ca emisiunea să fie recepţionată în bune condiţiuni.

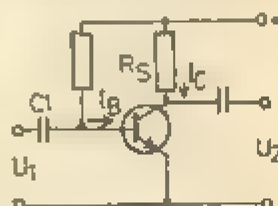


Fig. 15.1. Amplificatorul de tensiune

Să considerăm schema din fig. 15.1. La o variaţie a tensiunii din bază trece prin condensatorul de cuplaj $C_1$ modifică şi curentul de bază $I_B$. Efectul imediat este variaţia în acelaşi ritm a curentului de colector $I_c$, amplitudinea lui fiind mult mai mare, să presupunem de 100 de ori (diagrama c). Pe rezistenţa din colector $R_c$ tensiunea se modifică. Dacă $I_c$ creşte creşte şi tensiunea pe $R_c$ iar $U_{CE}$ scade. (fig. 15.2 d). Condensatorul $C_2$ blochează componenta continuă. La ieşire vom culege numai componenta alternativă (diagrama e).

Comparînd prima şi ultima diagramă observăm într-adevăr o amplificare în tensiune însă atunci cînd la intrare $U_1$ creşte la ieşire $U_2$ scade. Vom spune

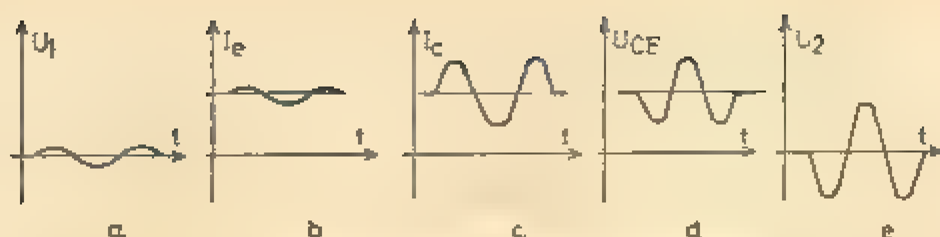



Fig. 15.2. Procesul de amplificare în tensiune

că tensiunile de la intrarea și de la ieșirea unui tranzistor în montaj EC sînt în opoziție de fază.

Vom nota cu $\Delta U_2$ variația tensiunii de ieșire și cu $\Delta U_1$ variația tensiunii de intrare. Definim factorul de amplificare în tensiune raportul

$$A_u = \frac{\Delta U_2}{\Delta U_1}$$

Dacă în circuitul de colector ar lipsi $R_c$ (tensiunea $U_{CE}$ deci constantă), am avea factorul $A_u$ iar cu rezistența $R_c$ amplificarea în curent $A_i$. Putem defini amplificarea în putere ca produsul dintre amplificarea în curent și amplificarea în tensiune

$$A_p = A_u \cdot A_i$$

Să facem o experiență. Vom construi montajul din figura 15.3 dacă avem la dispoziție un generator audio și un osciloscop.

Vom fi atenți să respectăm polaritatea condensatoarelor electrolitice. Fără a pune în funcțiune generatorul audio vom regla tensiunea de alimentare circa 12 V. Vom măsura această tensiune cu voltmetrul conectat între colector și masă. Vom roti cursorul potențiometrului P pînă vom măsura o tensiune de 6–7 V.

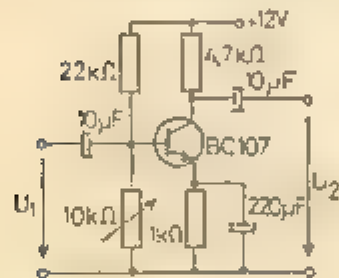



Fig. 15.3. Amplificatorul de joasă frecvență

Reglăm generatorul pe o frecvență de 1 kHz cu o tensiune de cca 30 mV; vom măsura pe ecranul osciloscopului o tensiune de ieșire vîrf-vîrf și vom calcula amplificarea în tensiune

$$A_u = \frac{U_{2vv}}{U_{1vv}}$$ care va fi mai mare de 100.

Dacă avem la dispoziție un osciloscop cu două spoturi pe ecran putem vedea simultan semnalul de intrare și cel de ieșire care trebuie să apară în opoziție de fază.

Să creștem frecvența semnalului de intrare pînă cînd tensiunea semnalului de la ieșire scade la 70 % din valoarea precedentă. Aceasta este frecvența limită superioară a tranzistorului măsurat. La fel vom proceda pentru aflarea frecvenței limită inferioare.

Să deconectăm condensatorul $C_E$ și să măsurăm din nou amplificarea. Valoarea sa va scade la circa 5 adică va fi aproximativ egală cu raportul dintre $R_C$ și $R_E$.

## 15.2. Conexiunile de bază ale tranzistorului

Tranzistorul se conectează în etajele de amplificare în trei moduri diferite. Aceste moduri de conexiune își iau denumirea de la electrodul care este comun intrării și ieșirii. Schemele de pînă acum au fost desenate în conexiune cu emitorul comun, notată EC. Mai pot exista două conexiuni: cu bază comună (BC) și cu colector comun (CC).

Trebuie subliniat că proprietățile sînt cu totul diferite.

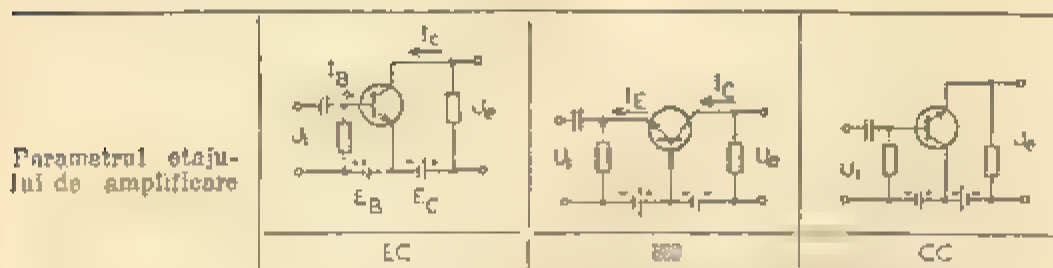



Fig. 15.4. Moduri de conectare ale tranzistorului

| Parametrul etajului de amplificare | EC | BC | CC |
|---|---|---|---|
| Rezistență de intrare | medie | mică | mare |
| | sute | unități | zeci de mii |
| Rezistență de ieșire | medie | mare | mică |
| | sute | sute de mii | zeci |
| Amplificare de curent | 10—100 | sub 1 | peste 10 |
| Amplificare de tensiune | peste 100 | pînă la 1000 | sub 1 |
| Amplificare în putere | pînă la 10 000 | pînă la 1000 | 10 |

Conexiunea EC se folosește atît în joasă frecvență cît și în radiofrecvență, mai ales cînd se dorește obținerea unei amplificări în putere foarte mari de la cîteva mii la 30 000. Dezavantajul acestei conexiuni este impedanța de intrare destul de mică, iar frecvența limită maximă destul de scăzută.

Conexiunea BC prezintă avantajul că lucrează la frecvențe foarte înalte, iar reacția inversă este foarte slabă. De aceea se folosește mai ales la etajele amplificatoare de RF din receptoarele U.U.S. Totuși rezistența de intrare a acestor montaje este mică.

Conexiunea CC este folosită cînd este dorită o rezistență de intrare foarte mare și o rezistență de ieșire mică. Este un amplificator de curent, amplificarea în tensiune fiind aproximativ 1. Se folosește ca transformator de impedanță.

## 15.3. Polarizarea joncţiunii bază emitor

Pentru ca un tranzistor să funcţioneze este nevoie de două tensiuni una pentru deschiderea joncţiunii bază emitor şi alta pentru polarizarea inversă a joncţiunii bază colector. Ar fi destul de incomod să se folosească mai multe surse de alimentare şi de aceea se caută a se obţine tensiunile de polarizare de la o sursă unică.

Să studiem schema de polarizare a bazei în montaj EC. Se utilizează un divizor rezistiv, $R_{B1}$ $R_{B2}$ în figura 15.5 b. Tensiunea $U_{BE}$ se obţine din căderea de tensiune pe rezistenţa $R_{B2}$. Un astfel de montaj are o funcţionare foarte stabilă.

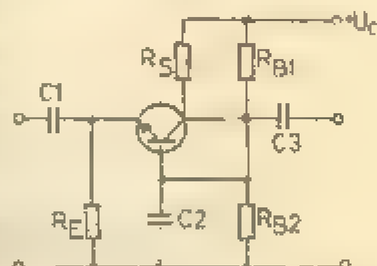


Fig. 15.6. Polarizarea tranzistorului în montaj BC

A doua schemă de polarizare are o singură rezistenţă la intrare $R$ prin care circulă curentul de bază $I_B$. Rezistenţa este astfel aleasă încât

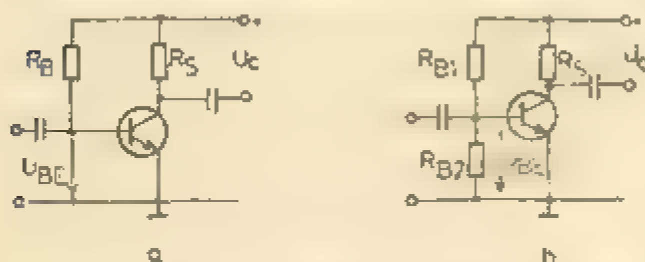


Fig. 15.5. Cele două moduri de polarizare a unui tranzistor în conexiune EC

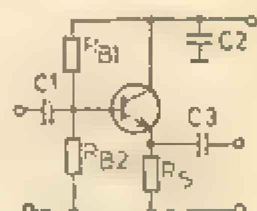


Fig. 15.7. Polarizarea tranzistorului în montaj CC

poate provoca o cădere de tensiune de 0,2 V pentru tranzistoare cu Germaniu şi 0,6 V pentru tranzistoare cu Siliciu.

În montajele BC şi CC baza este polarizată tot cu un divizor rezistiv. În montajul cu baza comună baza este conectată la masă prin condensatorul $C_B$ iar polarizarea sa, se realizează cu divizorul $R_{B1}R_{B2}$. În montajul CC colectorul este legat la masă prin condensatorul $C_2$ iar baza este polarizată tot prin divizorul rezistiv $R_{B1}$ $R_{B2}$.

## 15.4. Stabilizarea punctului static de funcţionare

O problemă a amplificatoarelor cu tranzistoare este menţinerea punctului de funcţionare odată cu schimbarea temperaturii de lucru. Pentru stabilizarea punctului static de funcţionare se utilizează scheme cu reacţie de curent sau de tensiune.

Pentru a introduce o reacţie pozitivă se montează în circuitul de emitor o rezistenţă $R_E$, iar tensiunea de polarizare a bazei se stabileşte prin divizorul de tensiune $R_{B1}$ $R_{B2}$.

Să presupunem că, curentul $I_c$ crește și odată cu el și curentul de emitor. Pe rezistența de emitor $R_E$ va apare o creștere a căderii de tensiune. Dacă tensiunea pe $R_E$ rămîne constantă trebuie ca $U_{BE}$ să scadă. Datorită acestui fapt scade și curentul de bază și odată cu el și $I_c$. Deci reacția din emitor reglează automat curentul de bază și prin aceasta curentul de colector.

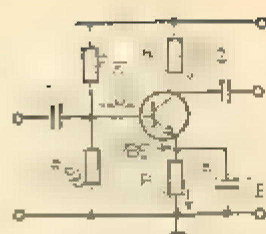


Fig. 15.8. Stabilizarea punctului static de funcționare prin reacție de curent

Din păcate, în regim alternativ aceste măsuri nu sînt de ajuns. În paralel cu rezistența $R_E$ se montează un condensator $C_E$ de 0,1 μF în radiofrecvență și de 2...10 μF în audiofrecvență.

În cazul reacției de tensiune rezistența $R_1$ a divizorului de tensiune nu se montează la masă ci la colector. Cînd curentul de colector crește datorită temperaturii, tensiunea $U_{CE}$ scade și odată cu ea $U_{BE}$.

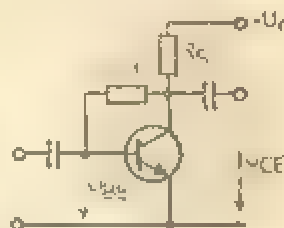



Fig. 15.9. Stabilizarea punctului static de funcționare prin reacție de tensiune

Pentru amplificatoarele de putere punctul static de funcționare se stabilește cu alt procedeu. Pe radiatorul tranzistorului final se montează o rezistență cu coeficient de temperatură negativ. Odată cu creșterea temperaturii rezistența acesteia scade, iar tensiunea dintre bază și emitor se stabilizează automat.

## 15.5. Cuplajul între etajele de amplificare tranzistorizate.

Dacă dorim ca un semnal să fie amplificat foarte mult trebuie să utilizăm mai multe etaje în cascadă. Între ieșirea unuia și intrarea celuilalt se intercalează un condensator de cuplaj. În acest fel, prin condensator trece numai componenta alternativă, cea continuă fiind blocată. Acest mod de cuplaj se recomandă în audiofrecvență.

Dar precum știm tranzistoarele în montaj EC prezintă o impedanță mare la ieșire și o impedanță mică la intrare. Astfel apare o neadaptare între etaje care duce la pierderi însemnate. Pierderile se pot compensa prin montarea unui etaj suplimentar de amplificare.

În radiofrecvență unde se utilizează frecvent circuitele oscilante, cel mai indicat este cuplajul prin transformator. Transformatorul de cuplaj poate regla adaptarea prin alegerea potrivită a raportului de transformare care este raportul dintre numărul înfășurărilor din primar $N_1$ și numărul înfă-

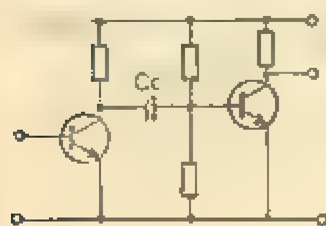



Fig. 15.10. Cuplaj capacitiv între două etaje tranzistorizate

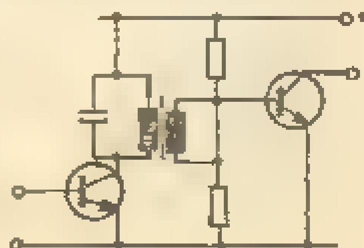


Fig. 15.11. Cuplaj inductiv între două etaje tranzistorizate

șurărilor din secundar $N_2$. În felul acesta se realizează o adaptare perfectă între impedanța mică de intrare și impedanța mare de ieșire a etajului precedent. Se realizează cea mai mare amplificare posibilă.

În afară de aceste cuplaje mai există și cuplajul în curent continuu, fără intercalarea unor componente. Acest mod de cuplaj se utilizează în amplificatoarele de *curent continuu* și numai în circuitele integrate.

## 15.6. Dimensionarea unui amplificator tranzistorizat

Vom da un exemplu de calcul al rezistențelor unui amplificator tranzistorizat de audiofrecvență (fig. 15.8)

Să considerăm curentul de colector $I_c = 1$ mA, tensiunea pe colector $U_c = 5$ V. Tensiunea de alimentare a montajului este $U_a = 10$ V. Putem calcula imediat rezistența de colector pe care vom avea o cădere de tensiune de 5 V la un curent de 1 mA

$$R_c = \frac{U_{R_c}}{I_c} = \frac{5\ \text{V}}{1\ \text{mA}} = 5\ \text{k}\Omega \text{ alegem } 4{,}7\ \text{k}$$

Pentru stabilizarea punctului static de funcționare vom dimensiona rezistența din emitor între 1/5 și 1/10 din rezistența de colector $R_C$

$$R_E = \frac{R_c}{10} = \frac{4\,700}{10} = 470\ \Omega \ldots R_E = \frac{4\,700}{5} = 1\ \text{k}\Omega$$

Deoarece curentul de emitor este aproape egal cu cel de colector pe rezistența de emitor $R_E$ cade o tensiune

$$U_{RE} = R_E \cdot I_E = 1\ \text{k}\Omega \cdot 1\ \text{mA} = 1\ \text{V}$$

Tensiunea bază-emitor la un tranzistor cu siliciu trebuie să fie cca 0,6 V pozitivă față de masă, deci 1,6 V. Dacă amplificarea în curent este de exemplu 100 curentul de bază $I_B$ va fi

$$I_B = \frac{I_c}{100} = \frac{1\ \text{mA}}{100} = 0{,}01\ \text{mA} = 10\ \mu\text{A}$$

Prin rezistența $R_{B2}$ a divizorului de tensiune va trebui să circule un curent

$$I_2 = 5 \ldots 20\ I_B;\ I_2 = 10\ I_B = 100\ \mu\text{A}$$

Acum putem calcula rezistența $R_{B2}$

$$R_{B2} = \frac{1{,}6\ \text{V}}{0{,}1\ \text{mA}} = 16\ \text{k}\Omega \text{ Alegem, } 15\ \text{k}\Omega$$

Trebuie să calculăm rezistența $R_{B1}$. Prin ea circulă curentul:

$$I_1 = I_2 + I_B = 100\ \mu\text{A} + 10\ \mu\text{A} = 110\ \mu\text{A}$$

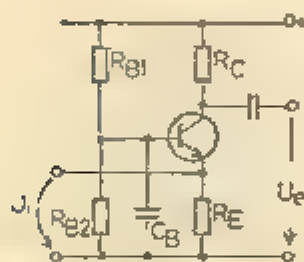


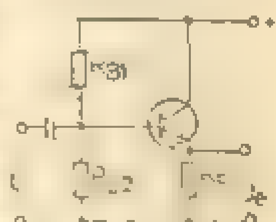
Fig. 15.12. Amplificator în montaj BC

şi pe ea trebuie să avem o cădere de tensiune

$$U_1 = 10\ \text{V} - 1{,}6 = 8{,}4\ \text{V}$$

$$R_{B1} = \frac{8{,}4\ \text{V}}{0{,}11\ \text{mA}} = 76\ \text{k}\Omega \text{ şi alegem } R_1 = 68\ \text{K}\Omega$$

Să considerăm un amplificator RC cu tranzistorul în conexiune BC aşa cum este [illegible] fig. 15.12. Calculul rezistenţelor în curent [illegible] duce la aceleaşi rezultate ca în exemplul precedent [illegible] de acesta semnalul de [illegible] este [illegible] prin emitor, iar baza este cuplată la masă printr-un condensator.




În schema cu colectorul comun fig. 15.1[illegible] tensiunea de [illegible] [illegible]

[illegible]

$$R_i = \frac{U_a}{I_a}$$

**Test**

To[illegible] din acest test se [illegible] 15.1[illegible]

1. [illegible] sînt conectate [illegible] tranzistoare.

a) [illegible]
b) [illegible]
c) [illegible]
d) [illegible]

2. [illegible] tensiune 50 [illegible] iar la ieşirea se [illegible] [illegible]?

a) 200 mV
b) 500 mV
c) 2 V
d) 5 V

3. Pentru stabilizarea punctului de lucru prin reacţie sînt folosite rezistenţele.

a) $R_1$ şi $R_4$
b) $R_2$ şi $R_6$
c) $R_5$ şi $R_7$
d) $R_1$ şi $R_8$

4. La ieşirea acestui montaj se măsoară şi o tensiune continuă în afara celei alternative. Care este valoarea acestei tensiuni continue dacă tensiunea de alimentare $U_a = 12$ V

a) 0,5 [illegible] V
b) 1 [illegible] 1,5 V
c) 2 – 4 V
d) 5 – 7 V

Fig. 15.11. Amplificator audio cu 2 etaje

5. Ce tip de cuplaj există între cele două tranzistoare?

a) cuplaj prin condensator
b) cuplaj rezistiv
c) cuplaj inductiv
d) cuplaj galvanic

6. Tensiunea de alimentare a unui amplificator este 9 V. Rezistența de lucru a acestui tranzistor este 3,3 kΩ. Dacă pe colector măsurăm 5,7 kΩ față de masă să se calculeze curentul de colector.

7. Care sînt deosebirile esențiale între cele trei moduri de conexiune?

8. Care dintre cele trei moduri de conexiune ale unui tranzistor are:

a) cea mai mare rezistență de intrare
b) cea mai mică rezistență de intrare
c) cea mai mică rezistență de ieșire
d) cea mai mare amplificare în putere
e) nu inversează semnalul.

9. Care sînt avantajele și dezavantajele cuplajului prin transformator față de cuplajul prin condensator?

## Răspunsuri:

1. c) 2. d) 3. d) 4. d) 5. a)

6. $I_C = \frac{9 - 5,7}{3,3} = 1$ mA

7.

| Conexiunea | EC | CC | BC |
|---|---|---|---|
| Amplificarea în curent | mare [illegible] | mare [illegible] | aproximativ 1 |
| Amplificarea în tensiune | foarte mare [illegible] | aproximativ 1 | foarte mare [illegible] |

8. a) CC b) BC c) CC d) CC și BC e) EC

9. Avantaje: cuplajul prin transformator asigură o adaptare foarte bună și amplificare în putere foarte mare. Dezavantaje: în gama de frecvență sînt mai scumpe decît condensatoarele.

Capitolul 16

# Tranzistorul cu efect de cîmp (TEC)

## 16.1. Efectul de cîmp

Tranzistorul cu efect de cîmp (TEC) sau cum mai este numit în literatura de specialitate FET (field effect transistor) a apărut în ultimii ani. Deşi efectul a fost descoperit încă din anul 1926 de Lilienfeld, aplicaţia a apărut după mulţi ani. Întîmplarea este asemănătoare cu cea a antenelor Yagi-Uda care au fost inventate în anul 1926 după care au trecut mulţi ani pînă la dezvoltarea apariţiei necesităţii transmisiunilor în domeniul UUS, care a dus la răspîndirea acestor antene.

În cele ce urmează vom prezenta cele două tipuri de tranzistoare cu efect de cîmp, proprietăţile lor precum şi schemele de bază.

În principiu efectul de cîmp este următorul.

Dacă o plachetă de semiconductor, de exemplu de tip n, este supusă unei tensiuni $U_1$ aplicate la capetele ei, numite sursă şi drenă, prin ea circulă un curent format din purtători majoritari, electroni. Perpendicular pe direcţia acestui flux de electroni se aplică între sursă şi poartă (electrod) o a doua tensiune $U_2$ care crează un cîmp electric exterior. Datorită acestui cîmp secţiunea transversală a cristalului (canalul), prin care trec purtătorii de sarcină se micşorează, rezistenţa cristalului creşte şi drept urmare curentul care parcurge canalul scade. În principiu aceste tranzistoare pot fi considerate drept rezistoare controlate în tensiune.

După cum am amintit cele două capete ale cristalului semiconductor (care poate fi de tip n sau p) se numesc sursă (S) şi drenă (D), iar electrodul pe care se aplică tensiunea de comandă, deci cîmpul exterior, se numeşte poartă (G de la „gate").

După modul de realizare al canalului deosebim două tipuri de tranzistoare cu efect de cîmp:

— tranzistoare cu efect de cîmp cu poartă joncţiune TEC-J
— tranzistoare cu efect de cîmp cu poartă izolată TEC-MOS.

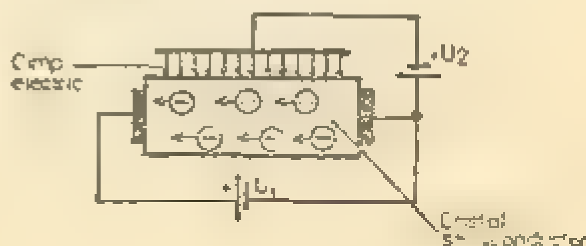



Fig. 16.1 Efectul de cîmp

## 16.2. Tranzistorul cu efect de cîmp cu portă joncțiune (TEC-J)

În figura 16.2 sînt prezentate schematic tranzistoarele TEC cu poartă joncțiune al căror canal este de tip n sau p.

În fig. 16.2 a poarta este o [illegible] semiconductoare de tip opus celei care formează canalul. Efectul de cîmp se [illegible] pe joncțiunea poartă-sursă. Po[illegible] invers [illegible] joncțiunea [illegible] terminale o tensiune continuă se obține [illegible] regiune [illegible] spați[illegible] de purtători [illegible] mare. Cum con[illegible] este [illegible] purtători [illegible], pe care [illegible] secțiunea canalului — și deci curentul [illegible] tensiunea inversă dintre poartă și sursă.

[illegible] TEC-J este [illegible] semiconductoare polarizată invers [illegible] MΩ iar [illegible] $I_D$. Dacă [illegible] compa[illegible] [illegible] triunghiul din simbolul unei diode.

[illegible] sursă [illegible] se polarizează [illegible] TEC-J [illegible] canal p are poarta pozitivă față de sursă.

[illegible] $I$ [illegible] este [illegible] pentru [illegible] invers. Din considerente tehnologice [illegible]:

$U_{GS}$ pozitivă și $U_{DS}$ negativă pentru canal p

$U_{GS}$ negativă și $U_{DS}$ pozitivă pentru canal n

De [illegible] aceste tensiuni sînt [illegible]
Pentru a [illegible] TEC [illegible] la [illegible]

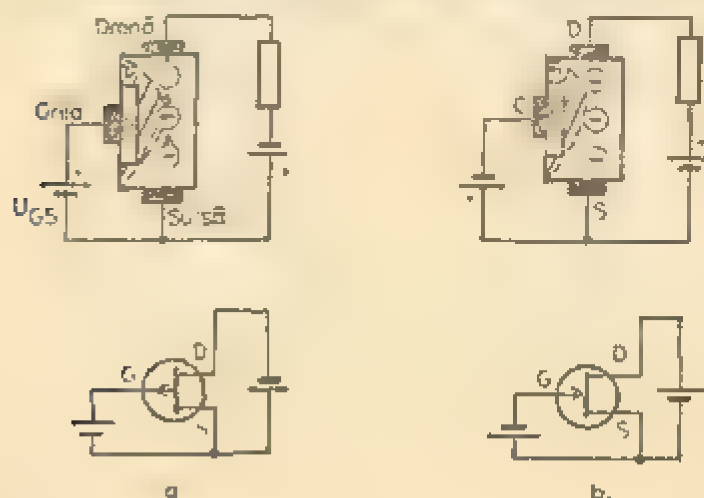



Fig. 16.2. Tranzistorul TEC cu poartă joncțiune: a) cu canal n; b) cu canal p

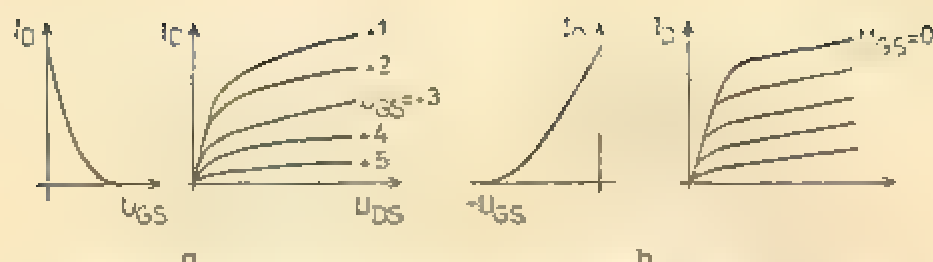



**Fig. 16.3. Caracteristicile de transfer și de ieșire: a) TEC-p, b) TEC-n**

Deoarece curentul de poartă este practic nul nu se poate vorbi de o caracteristică de intrare a T.E.C. De aceea se iau în considerare curbele de [illegible] între tensiunea de comandă $U_{GS}$ și curentul de ieșire $I_D$ [illegible] și curbele caracteristice de ieșire reprezentând dependența dintre $U_{DS}$ și $I_D$.

## 16.3. T E C cu poartă izolată.

Aceste tranzistoare se mai numesc și tranzistoare MOS deoarece între poartă și canal se află un strat izolator de dioxid de siliciu, astfel [illegible] succesiunea straturilor [illegible] exterior [illegible] Metal Oxid Semiconductor, prescurtat MOS.

De data aceasta poarta nu mai este o regiune semiconductoare ci este un strat metalic depus peste canal și separat de acesta printr-un strat foarte subțire izolator. Rezultă deci o structură [illegible] metal oxid semiconductor (MOS).

Sursa și drena sunt constituite prin difuzie din două regiuni dopate corespunzător.

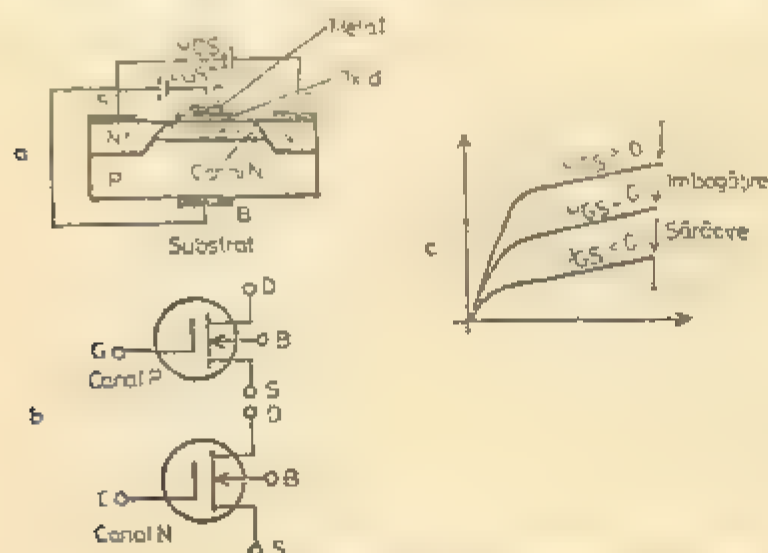



Fig. 16.4. TEC cu canal [illegible]: a) construcție, b) simboluri, c) caracteristici de ieșire

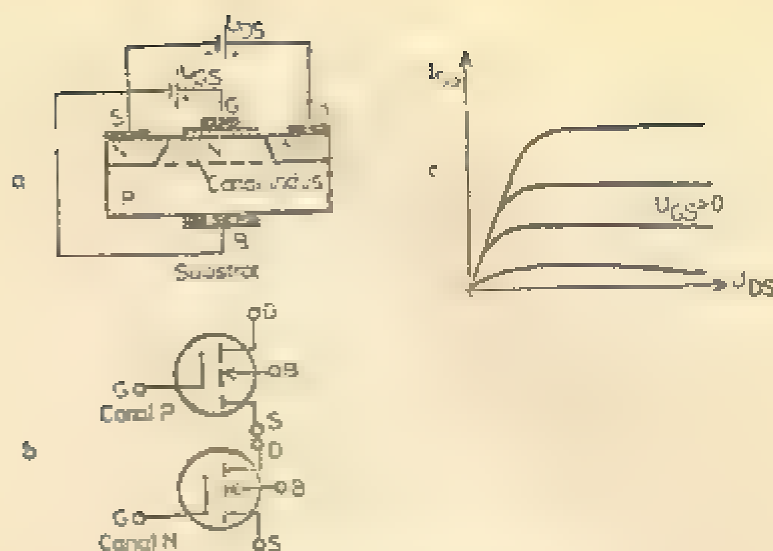



Fig. 16.5. TEC MOS cu canal indus: *a)* construcție, *b)* simbol, *c)* caracteristici de transfer

De asemenea canalul dintre drenă şi sursă poate fi format prin difuzii permanente în procesul de fabricație al TEC MOS, sau poate apare abia la aplicarea unei tensiuni de poartă corespunzătoare. În primul caz, trecând purtătorii de sarcină este asigurată şi prin aceasta curentul de drenă $I_D$ scade. Acestea sunt TEC cu strat sărăcit sau altfel numit TEC cu canal inițial. La acest tip de tranzistor circulă un curent de drenă şi fără aplicarea unei tensiuni $U_{GS}$ între poartă şi sursă, o tensiune negativă duce la scăderea curentului de drenă, iar o tensiune inversă, cu polaritate pozitivă, provoacă o creştere a acestui curent. La celălalt tip de TEC MOS cu strat îmbogățit sau cu canal indus, canalul dintre drenă şi sursă nu este dotat. De aceea, dacă tensiunea dintre poartă şi sursă $U_{GS}$ este nulă, nu circulă niciun curent de drenă $I_D$. Spunem că TEC cu strat îmbogățit este autoblocat. Dacă pe poartă se aplică o tensiune, câmpul creat astfel atrage purtătorii de sarcină din substrat în apropierea porții. În felul acesta se formează canalul.

În continuare vom explica simbolurile standardizate pentru tranzistoarele cu efect de câmp cu poartă izolată. Întreruperea canalului între drenă şi sursă se reprezintă ca o întrerupere şi în simbol. Poarta izolată se lasă un interval între poartă şi canal. Deoarece la TEC MOS există o joncțiune *pn* între substrat şi canal, aceasta va fi simbolizată printr-o săgeată. De exemplu pentru tipul cu canal *n*, săgeata este orientată dinspre substratul *p* către canalul *n*.

Dacă la un TEC MOS substratul este scos din carcasă ca electrod separat atunci se leagă cu terminalul de sursă. Există TEC MOS care au două terminale pentru poartă astfel ca într-un montaj de mixer se pot aplica două semnale diferite pe aceste terminale. Astfel de dispozitive se numesc TEC MOS-Dual.

## 16.4. Parametri de semnal mic ai TEC

Vom defini numai câţiva parametri mai des utilizaţi în practică. Definirea lor se face mai intuitiv deoarece altfel ar necesita cunoştinţe matematice avansate.

Deoarece între poartă şi sursă circulă un curent foarte mic, cu ajutorul legii lui Ohm, se poate defini o aşa numită rezistenţă de intrare

$$R_{in} = \frac{U_{GS}}{I_G}$$

unde $U_{GS}$ este tensiunea dintre sursă şi poartă

$I_G$ este curentul rezidual de poartă

Inversul acestei mărimi este conductanţa de intrare $g_{in}$

$$g_{in} = \frac{1}{R_{in}} = \frac{I_G}{U_{GS}}$$

Acest parametru se utilizează în locul rezistenţei de intrare deoarece valoarea rezistenţei de intrare este foarte mare (10¹² ohmi).

Cu ajutorul caracteristicii de transfer se poate defini transconductanţa $g_m$. Acest parametru este denumit şi pantă pentru că defineşte panta caracteristicii

$$g_m = \frac{\partial I_D}{\partial U_{GS}} \quad U_{DS} = const \qquad \begin{aligned} &I_D \text{ — curentul de drenă} \\ &U_{GS} \text{ — tensiunea poartă sursă} \end{aligned}$$

Acest parametru poate da câştigul unui TEC într-un mod şi anume, deoarece variaţia curentului de drenă pe o rezistenţă de sarcină constantă este proporţională cu variaţia tensiunii de ieşire. Deci panta este proporţională cu amplificarea în tensiune a TEC.

Exemplu: Să se calculeze transconductanţa $g_m$ în punctul de funcţionare $T$ de pe caracteristica de transfer din fig. 16.6. Pentru o variaţie $\partial U_{GS} = 2$V rezultă între capetele tangentei în $T$ variaţia de 4 mA a curentului de drenă $\partial I_D$

$$g_m = \frac{\partial I_D}{\partial U_{GS}} = \frac{4 \text{ mA}}{2 \text{ V}} = 2 \text{ mA/V}$$

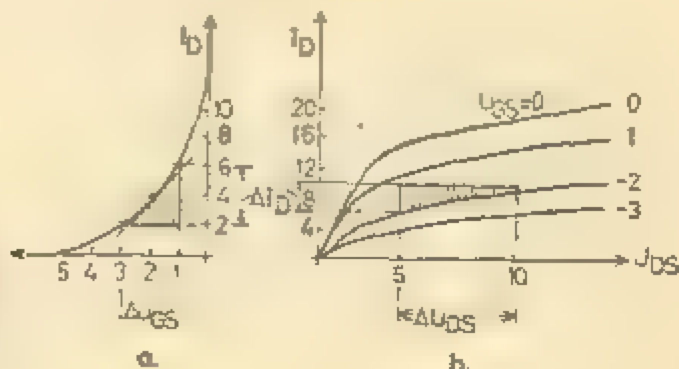



Fig. 16.6. Determinarea grafică a transconductanţei $g_m$ din caracteristica de transfer (a) şi a rezistenţei de ieşire $R_D$ din caracteristica de ieşire (b) a unui TEC MOS.

Observăm că dacă panta crește odată cu scăderea tensiunii $U_{GS}$ ea va fi maximă cînd această tensiune va fi nulă și $I_D$ maxim. Deci practic este avantajoasă funcționarea TEC la curenți $I_D$ mari.

Din caracteristicile de ieșire ale TEC se poate defini rezistența de ieșire $R_D$ sau inversa ei conductanța de ieșire $g_d$ pentru $U_{GS}$ = constant.

$$R_d = \frac{\partial U_{DS}}{\partial I_D} \bigg| U_{GS} = \text{const}$$

Pe caracteristica de ieșire din fig. 16.6, *b* la $U_{GS} = -2$ V pentru o variație a tensiunii dintre drenă și sursă de la 4 la 8 volți obținem o variație de numai 1 mA a curentului de drenă.

$$R_D = \frac{4\ \text{V}}{1\ \text{mA}} = 4\ \text{k}\Omega$$

Pe caracteristica de ieșire se trasează o curbă, mai exact o parabolă care unește punctele unde începe zona de saturație a curentului $I_D$. Aceste puncte indică tensiunea minimă $U_{DS}$ de la care permit tranzistorului să lucreze în regim liniar. Sub aceste valori funcționarea este neliniară obținîndu-se distorsiuni mari.

## 16.5. T E C în regim de amplificare

Tranzistoarele cu efect de cîmp nu oferă cîștiguri mari în tensiune dar cîștigurile sînt foarte mari în curent și în putere cu distorsiuni mici.

După modul cum se aplică semnalul de intrare și se extrage semnalul de ieșire, sau astfel spus după electrodul care este comun la intrare și ieșire, deosebim trei moduri de conexiune: sursă comună, drenă comună numit și repetor pe sursă și cu poartă comună. Pentru exemplificări alegem un TEC-J.

Schema practică cea mai utilizată este cu *sursa comună* (fig. 16.7). Sursa este pusă la masă din punct de vedere alternativ prin reactanța mică a condensatorului $C_s$. Curentul $I_{DS}$ polarizează negativ rezistența $R_s$ și se stabilizează un punct de funcționare al tranzistorului prin aplicarea acestei tensiuni pe $R_G$. În joasă frecvență $R_G$ se alege circa 1 MΩ, iar în radiofrecvență între 10 și 100 kΩ. Mărimea rezistenței $R_s$ este determinată de tensiunea $U_{GS}$ și curentul de drenă $I_D$ care circulă prin ea

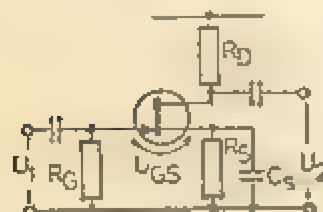


Fig. 16.7. Amplificator în schema cu sursă comună

$$R_s = \frac{-U_{GS}}{I_D}$$

Rezistența de drenă se calculează asemănător cu rezistența de colector la tranzistoarele bipolare. Tensiunea pe această rezistență de drenă este: $U_{RD} = U - U_{DS} - U_{R_s}$. Conform legii lui Ohm

$$R_D = \frac{U_{RD}}{I_D}$$

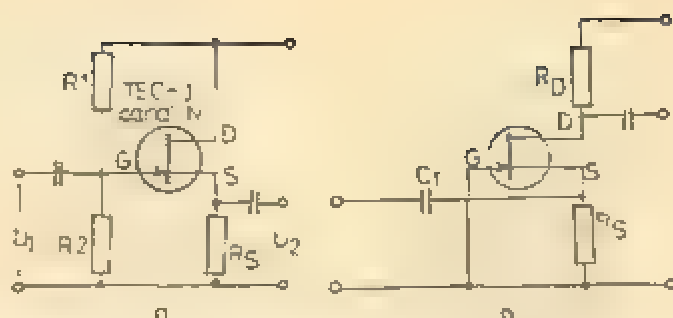



Fig. 16.8. Amplificator în schemă: a) cu drenă comună, (b) cu poartă comună.

Calculul condensatorului de cuplaj C depășește cadrul acestei cărți. Limitele valorice ale acestui condensator sînt date de reactanța sa capacitivă $X_c$ la frecvențele cele mai joase și rezistența $R_G$.

V[illegible] în mare parte formula de calcul a amplificării în tensiune a acestui montaj [illegible] și rezistența de drenă $R_D$, rezistența [illegible] ieșire $r_{DS}$ precum și transconductanța $g_{ds}$

$$A_u = \frac{R_D r_{ds}}{R_D + r_{ds}} \cdot g_{ds}$$

După cum am mai amintit, această amplificare nu este deosebit de mare, dar impedanța [illegible] este un avantaj important pentru utilizarea TEC la amplificarea semnalelor foarte mici.

*Montajul cu drenă comună* se aseamănă cu repetorul pe emitor și chiar se numește repetor pe sursă (fig. 16.8 a). Se numește repetor pe sursă deoarece pe rezistența de sursă se obține aceeași [illegible] (cîștigul în tensiune este aproape 1). Rezistența de intrare este foarte mare, capacitatea mică, rezistența de ieșire este [illegible] un lucru important: semnalul de ieșire în fază cu cel de intrare. Deoarece capacitatea de intrare este mai mică decît la montajul cu sursă comună, repetorul pe sursă se pretează mai bine la funcționarea în înaltă frecvență. Repetorul pe sursă este un transformator de impedanță care adaptează o rezistență de sarcină mică la un generator de impedanță foarte mare, cum ar fi un microfon sau un amplificator de RF cu circuit acordat.

Montajul cu *poartă comună* (fig. 16.8 b) prezintă o rezistență de intrare destul de mică, o rezistență de ieșire mare, amplificarea în curent unitară și semnalul de ieșire în fază cu cel de intrare.

## 16.6. Cîteva aplicații practice ale tranzistorului cu efect de cîmp

Tranzistoarele cu efect de cîmp se utilizează acolo unde este nevoie de o impedanță de intrare foarte mare și distorsiuni mici. Montajul din fig. 16.9 amplifică semnale de nivel foarte mic provenind de la o sursă de semnal cu rezistență internă de ordinul zecilor de kΩ. TEC-J combinat cu un tranzistor bipolar care asigură o amplificare în tensiune destul de mare.

Amplificatorul de intrare din fig. 16.10 valorifică avantajele TEC manifestate la înaltă frecvență, capacitatea de intrare și reacția redusă, factorul

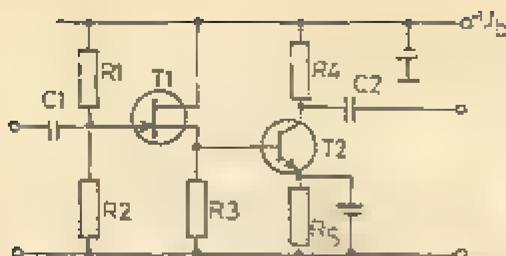



Fig. 16.9. Amplificator de intrare cu TEC în schemă cu drenă comună

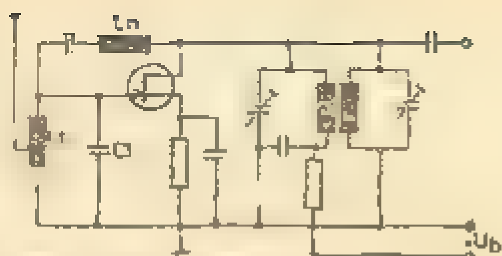



Fig. 16.10. Amplificator de intrare a unui receptor UUS

de zgomot mic, stabilitatea şi mai ales impedanţa de intrare foarte mare, şi distorsiunii mici. Radioreceptorul echipat cu un astfel de amplificator de intrare oferă recepţii foarte bune pentru staţii îndepărtate (DX).

Se observă că antena este cuplată direct la o priză a bobinei $L_1$, aceasta neamortizînd circuitul oscilant de la intrare. $L_2$ este o bobină de neutralizare care împiedică eventualele oscilaţii care ar putea apare datorită reacţiei prin capacitatea dintre drenă şi poartă. La ieşire se află un filtru acordat pe frecvenţa centrală a benzii recepţionate.

Pentru a putea măsura cît mai precis o tensiune trebuie ca prin instrument să circule un curent cît mai mic. De aceea este necesar ca impedanţa prezentată de voltmetru să fie cît mai mare. În montajul din fig. 16.11 este utilizat un amplificator cu drenă comună, în al cărui circuit de sursă este montat miliampermetrul. Schimbarea domeniului de măsură se face cu ajutorul unui divizor de tensiune rezistiv.

O altă aplicaţie simplă, dar foarte practică a TEC este montajul ca sursă de curent constant. Generatorul de curent constant este un circuit cu o rezistenţă internă foarte mare. Curentul care circulă prin el este independent de tensiunea care se aplică la borne. Dacă punctul de funcţionare al unui TEC-J este stabilit pentru curentul de drenă $I_D$ maxim, pentru o variaţie destul de mare a tensiunii $U_{DS}$ vom obţine o variaţie neglijabilă a $I_D$. Rezistenţa $R_s$ stabileşte tensiunea $U_{GS}$ şi prin aceasta curentul $I_s$ dorit.

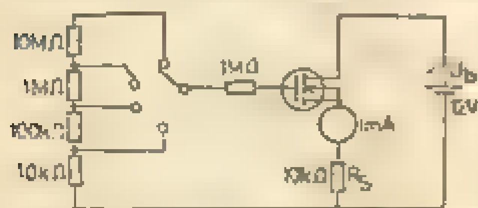


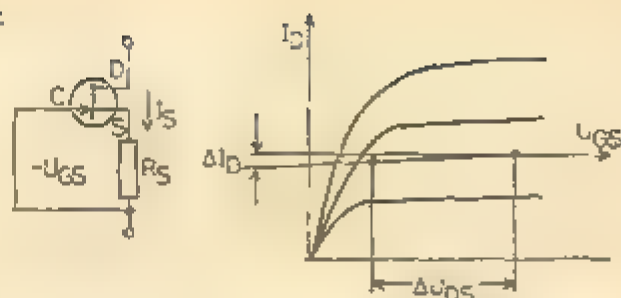

Fig. 16.11. Voltmetru electronic cu impedanţă mare de intrare

Puteţi încerca o astfel de sursă de curent constant cu un TEC BF 244 în al cărui circuit de sursă conectaţi o rezistenţă de 4,7 kΩ. Între drenă şi sursă tensiunea va fi variată între 2 şi 12 V. Curentul prin $R_s$ va avea variaţii foarte mici.

## 16.7. Valori limită şi precauţii de manipulare a TEC

Tranzistoarele cu efect de cîmp cu poartă joncţiune, TEC-J, care nu sînt protejate interior pot fi distruse uşor prin depăşirea tensiunii directe pe joncţiunea poartă-sursă. De aceea se folosesc circuite de limitare la intrare cu diode de comutaţie. În montajul din fig. 16.12 diodele rămîn blocate cît timp tensiunea de intrare nu depăşeşte 0,5 V. Cînd se depăşeşte ra-

Fig. 16.12. Sursă de curent constant




velul de prag într-un sens sau altul, dioda respectivă se deschide conducînd un anumit curent. În acest fel nu se depășesc limitele admise de la intrarea TEC.

Ca la orice dispozitiv semiconductor, și la TEC depășirea limitelor admise ale tensiunilor de alimentare sau polarizare duce la distrugere. Chiar atunci cînd se cunosc datele din catalog, dispersia mare a parametrilor ne obligă la precauția de a reduce cu 1 – 20% valorile maxime indicate în cataloage.

Tranzistoarele MOS se pot distruge în timpul montajului în circuit sau chiar atunci cînd o atingere a terminalelor lui poarta, cînd pot apare descărcări electrostatice. O sursă de tensiune electrostatică este spuma de polistiren expandat în care se transportă de obicei componentele semiconductoare. Oxidul de poartă poate fi distrus și de tensiunile generate de aparatele de testare, ... dacă acestea nu sînt legate la priza de pămînt. Multe TEC MOS sînt livrate cu inele elastice care scurtcircuitează terminalele. Este bine ca acestea să nu fie îndepărtate decît după montare. ... În ultimul timp au apărut tranzistoare MOS protejate cu diode Zener integrate.

Trebuie să mai reținem că nu vom scoate din circuit un TEC cu sursa de alimentare conectată și nu vom aplica semnal la intrare dacă montajul nu este alimentat.

## Test

1. Care este simbolul corect al unui tranzistor cu efect de cîmp cu poartă-joncțiune și canal n?
2. Care este simbolul corect pentru un TEC MOS cu canal p?
3. Care dintre conexiunile următoare are impedanța de intrare cea mai mare?
   a) Colector comun b) Emitor comun
   b) Emitor comun c) Drenă comună d) sursă comună
4. Cum se numesc electrozii unui tranzistor cu efect de cîmp și care sînt corespondenții lor la un tranzistor bipolar?
5. Cum se definește transconductanța unui TEC?
6. Desenați schema unui amplificator de JF cu TEC




Fig. 16.13.　　Fig. 16.14.

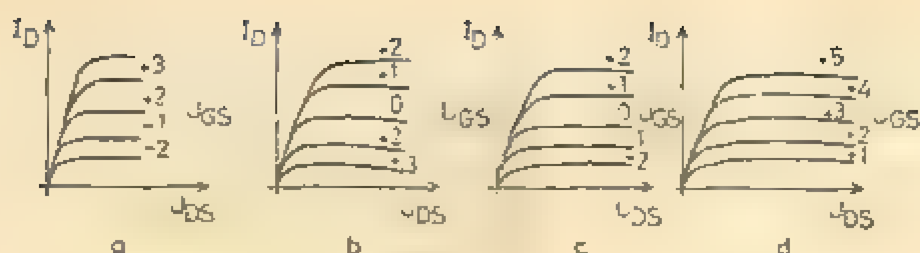



Fig. 16.1

7. Ce este un transformator de impedanță?
8. Desenați schema unui repetor pe sursă.
9. Desenați o sursă de curent constant cu TEC.
10. Care este caracteristica de ieșire [illegible] TEC cu poartă joncțiune cu canal n

*Răspunsuri.*

1. *b*
2. *c*
3. *d*
4. Poartă — bază, sursă — emitor, drenă — colector
5. Transconductanța sau panta unui TEC este $g_m = \frac{I_D}{U_{GS}} \Big| U_{DS} = \text{const.}$
6. Figura 16.8
7. Un transformator de impedanță prezintă o rezistență de intrare mare și o rezistență de ieșire [illegible]
8. Figura 16.8
9. Figura 16.12
10. Figura 16.15 b

Capitolul 17

# Tuburi electronice

În ultimii ani fabricarea dispozitivelor semiconductoare a evoluat atît de mult [illegible] sînt [illegible] în înlocuire [illegible]. Mare parte din funcțiile [illegible] le aveau tuburile electronice [illegible] vreme au fost preluate [illegible] semiconductoare, tranzistoare, circuite integrate. În [illegible] de [illegible] spațiu [illegible] mult [illegible] Vom [illegible] trata tuburile electronice [illegible] existența [illegible] [illegible]

## 17.1. Emisia termoelectronică

Tuburile electronice sînt dispozitive care funcționează în baza [illegible] dintr-un [illegible]. [illegible] electrozi [illegible] care [illegible] turile [illegible] tubului. Terminalele sînt astfel [illegible] pentru a fi introduse [illegible] montat pe [illegible].

Deoarece în tub este vid [illegible] nu există [illegible] metale [illegible] ce se bazează pe [illegible] termoelectronică. [illegible] metalul este încălzit [illegible] temperatura de încălzire este mai mare cu atît agitația electronilor liberi din metal [illegible] va crește [illegible] vor putea învinge forțele cu care sînt atrași [illegible] și vor putea părăsi suprafața metalului. Acest electrod se numește catod și [illegible] ca [illegible] din tranzistor.

Catodul trebuie încălzit tot timpul funcționării tubului electronic iar această încălzire era la început directă și mai apoi indirectă. Un filament termorezistent era acoperit cu un strat termoemisiv din oxid de Bariu. În tuburile electronice cu încălzire indirectă filamentul încălzește un tub subțire din metal emisiv izolat electric față de filament. Acesta este catodul.




Fig. 17.1. Simbolurile tuburilor [illegible] încălzire directă; b), c) încălzire indirectă; c) cu catod rece; d) cu catod cald

Cînd filamentul este alimentat cu tensiunea de încălzire catodul se înroşeşte puţin şi se vede prin balonul de sticlă cînd tubul este în funcţie.

Tuburile electronice îşi iau denumirea de la numărul electrozilor care intră în componenţa lor. Există deci diode, triode, tetrode, pentode, etc. numite astfel de la numeralele greceşti.

## 17.2. Dioda

Dioda are doi electrozi: un catod şi un anod. Dacă se leagă catodul la minus şi anodul la plusul unei surse de curent continuu, electronii emişi de catod sînt atraşi de anod. Deci avem un curent care circulă [illegible] la anod în sensul [illegible]. Dacă anodul este legat la minus [illegible] de catod sînt respinşi [illegible]. Deci dioda conduce numai într-un sens. [illegible] care se numeşte curent anodic. Dacă tensiunea anodică este mică foarte




Fig. 17.1. Ridicarea caracteristicii unei diode.

puţini electroni vor ajunge la anod şi deci curentul anodic va fi mic. Odată cu creşterea tensiunii anodice electronii sînt acceleraţi [illegible] atraşi în totalitate. [illegible] tensiunea curentul nu mai creşte şi spunem că a atins pragul de saturaţie.

Dioda cu vid are aceeaşi funcţie ca dioda semiconductoare; în momentul actual a fost aproape complet înlocuită de [illegible].

## 17.3. Trioda

Trioda are un electrod în plus faţă de diodă. Între anod şi catod se află o reţea înfăşurată în jurul catodului pe două fire izolate de susţinere formînd astfel electrodul de comandă.

Tuburile electronice îşi au originea în lampa cu incandescenţă inventată de Edison în anul 1884. Atunci a fost observat efectul [illegible] de către un corp incandescent. Dar invenţia americanului Lee de FOREST care în 1910 a introdus grila de comandă a condus la posibilitatea amplificării semnalelor electrice. În 1912 trioda a fost introdusă în radiotelegrafie şi nu mult după aceea au apărut primii radioamatori.

Să facem un montaj cu o triodă obișnuită. Filamentul îl vom încălzi la 6,3 V. În circuitul anodic montăm un miliampermetru, anodul fiind alimentat la o tensiune continuă între 100 și 200 Volți. Între grilă și catod se aplică o tensiune ce variază în trepte de la 0 la 6 V. Vom avea grijă ca minusul să fie pe grilă iar plusul la catod.

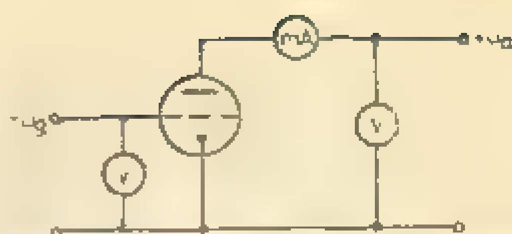



Fig. 17.3. Montajul experimental pentru ridicarea caracteristicilor triodei.

Vom avea mai multă grijă decît la montajele cu tranzistoare și nu vom atinge nimic cu mîna în timp ce montajul se află sub tensiune. Tensiunile mai mari decît 48 Volți sînt periculoase!

În experimentul nostru vom observa că, cu cît mai negativă va fi tensiunea de grilă față de catod, cu atît mai mic va fi curentul anodic. Deci tensiunea de grilă comandă curentul anodic. Și aici, ca la tranzistoare, ca efect, prin circuitul de grilă neacurgînd practic un curent, comanda tubului se face fără consum de putere.

Dacă menținem constantă o anumită valoare a tensiunii anodice vom măsura curentul anodic în funcție de variația tensiunii de grilă. Se obține o curbă care reprezintă caracteristica de comandă sau caracteristica de intrare-ieșire. Înclinarea acestei curbe poartă numele de *panta tubului* S, asemănătoare cu panta definită la TEC

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_g} \quad \text{pentru } U_a = \text{constant}$$

Δ desemnează o mică variație a mărimii înaintea căreia a fost așezată

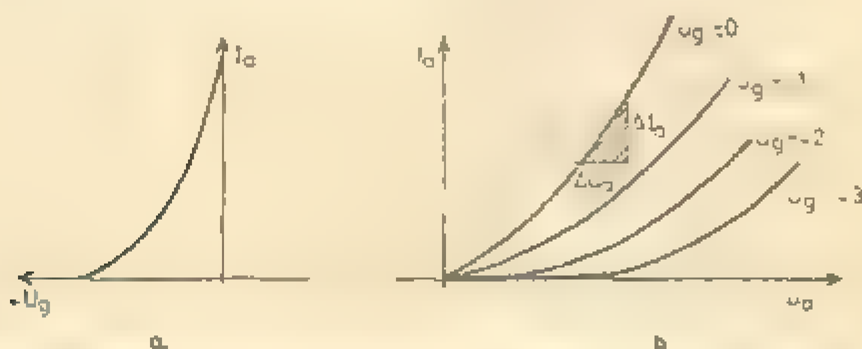



Fig. 17.4. Caracteristica de comandă *(a)* și caracteristica de ieșire *(b)* a unei triode.

Reținem: *Panta arată cu cît variază curentul anodic la o variație de 1V a tensiunii de grilă.*

Un alt parametru important este rezistența internă. Dacă menținem constantă tensiunea de grilă și măsurăm variația curentului anodic în funcție de variația tensiunii anodice obținem caracteristica anodică sau caracteristica de ieșire a triodei. Pe această caracteristică la o variație a tensiunii anodice îi corespunde o variație a curentului anodic. Din raportul aces-

tor variabil se obține rezistența internă $R_i$ pentru o anumită tensiune de comandă pe grilă.

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} \text{ pentru } U_g = \text{constant}$$

Un al treilea parametru al tuburilor electronice este *factorul de amplificare* care este definit de următoarea expresie

$$\mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_g} \text{ pentru } I_a = \text{constant}$$

Acest parametru arată că amplificarea în tensiune este cu atît mai mare cu cît μ *este mai mare.*

Între cei trei parametri există o relație obținută prin înmulțirea lor

$$\frac{\Delta U_a}{\Delta U_g} = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_g} \cdot \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a}$$

$$\mu = S \cdot R_i$$

Triodele au următoarele funcțiuni principale: amplificatoare, oscilatoare și detectoare.

### Amplificatoare cu triode

T[illegible] tipuri de scheme, după electrodul care este comun [illegible] [illegible] cu catodul la masă, cu grila la masă și cu anodul la masă.

Schema cea mai utilizată este montajul cu catodul la masă. Tubul se comandă pe grilă [illegible] rezistența de sarcină $R_A$ se află în circuitul anodic.

În schema cu grila la masă semnalul de comandă se aplică pe catod iar rezistența de sarcină se află tot în circuitul anodic. În schema cu anodul la masă semnalul de intrare se aplică pe grilă dar rezistența de sarcină se află în circuitul catodic.

După cum am menționat cea mai utilizată schemă este cea cu catodul la masă și se utilizează în amplificatoare [illegible] de frecvență [illegible] pe prea

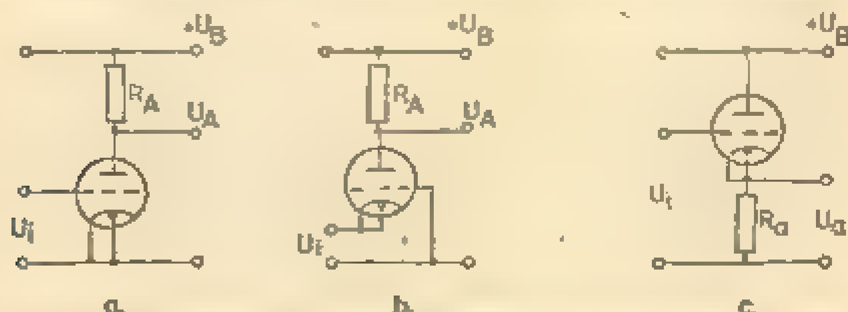



Fig. 17.5. Modurile de conexiune ale tuburilor: a) cu catodul la masă, b) cu grila la masă; c) cu anodul la masă.

mare. La frecvențe înalte se folosește etajul [illegible] masă. [illegible] schema cu [illegible] la masă se folosește mai ales în etajul de repetoare.

Să examinăm [illegible] tipică de amplificator de audiofrecvență cu catodul la masă. Pentru [illegible] etajului [illegible] grila [illegible] catod [illegible] rezistența $R_k$ [illegible] pe grilă [illegible] capacitate [illegible] $C_k$ [illegible] De aceea [illegible] mai joasă frecvență [illegible]

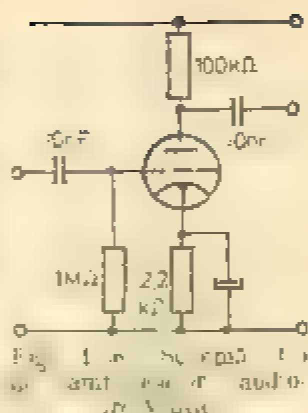



Fig. [illegible] Schemă [illegible] amplificator audio-[illegible]

$$\frac{1}{C_k} = \frac{R_k}{10}$$

[illegible] din [illegible] ordinul 50—70.

[illegible] pentoda.

## 17.4. Tetroda

Grila [illegible] se numește grilă ecran [illegible] micșorând capacitatea [illegible] dintre grilă și anod. Grila ecran este conectată la o tensiune pozitivă [illegible] electronii care ajung în cea mai mare parte la anod [illegible] pe ecran. Factorul de amplificare crește foarte mult, ajungând la câteva sute. Datorită factorului lui de amplificare [illegible] tetroda este foarte folosită și acum în radio-amplificatoare.

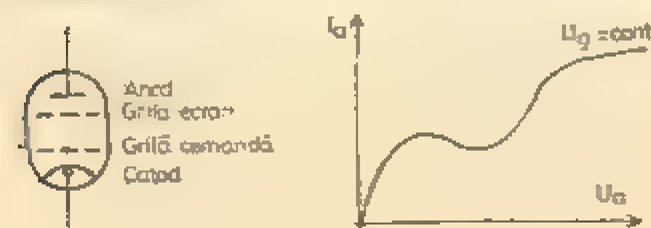



Fig. 17.7. Simbolul și caracteristica anodică a tetrodei.

Totuși din cauza vitezei mari a electronilor care ajung la anod este posibil ca aceștia să smulgă alți electroni din metalul anodului (emisie secundară) care sînt atrași de grila ecran. În acest fel curentul anodic scade în timp ce curentul de ecran crește. Acest fenomen se petrece pînă la un anumit prag al tensiunii anodice ceea ce se vede pe caracteristica de ieșire ca o neliniaritate pronunțată.

Pentru a se evita acest neajuns se introduc niște ecrane de deflexie obținîndu-se tetrode cu fascicul dirijat sau, se mai introduce o grilă construind astfel pentoda.

## 17.5. Pentoda

Pentoda are deci trei grile — de comandă, ecran și supresoare. Aceasta din urmă se leagă la catod fiind astfel negativă față de anod. Supresoarea împiedică electronii secundari emiși de anod să mai ajungă la ecran.

Pentodele au un factor de amplificare foarte mare care poate ajunge la cîteva mii. Panta caracteristicii pentodei este asemănătoare ca valoare cu cea a triodei sau tetrodei, dar rezistența internă a pentodei este foarte mare.

Dacă examinăm curbele caracteristice ale pentodei, observăm că seamănă foarte mult cu caracteristicile de ieșire ale tranzistorului bipolar.

Pentodele se folosesc în radioreceptoarele cu tuburi în aproape toate etajele acestora deci atît în radiofrecvență cît și la frecvențe joase.

În figura nr. 17.9 sînt date schemele tipice de amplificatoare echipate cu pentode care funcționează în audio și în radiofrecvență. În aceste scheme ne atrag atenția circuitele de grilă ecran. De cele mai multe ori grila ecran

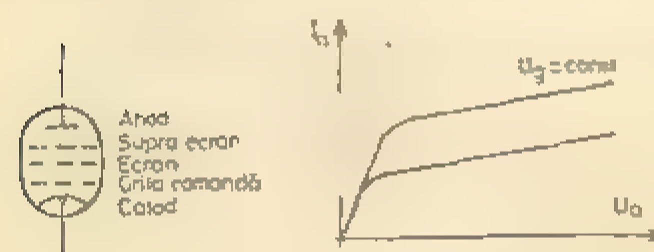



Fig. 17.8. Simbolul și caracteristica unei pentode.

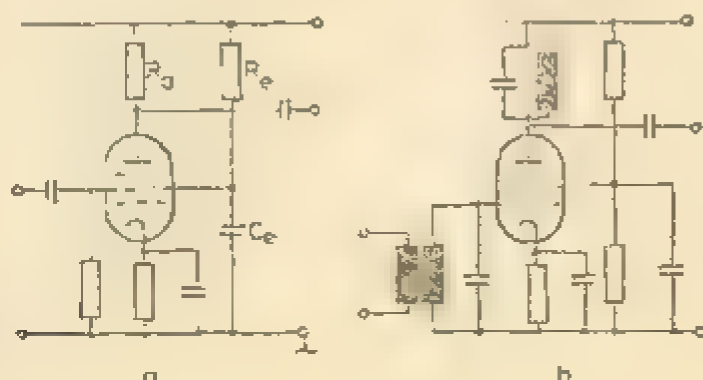



Fig. 17.9. Amplificator cu pentodă: a) amplificator audiofrecvență b) amplificator de radiofrecvență

trebuia să lucreze la o tensiune mai mică decît tensiunea anodică și atunci polarizarea se se făcea printr-o rezistență de reducere $R_e$. Condensatorul $C_e$ scurtcircuitează la masă componentele alternative ale curentului de ecran.

În alte cazuri tensiunea de ecran se obține printr-un divizor de tensiune din tensiunea de alimentare anodică.

## 17.6. Tuburi electronice complexe

În afara tuburilor prezentate pînă acum mai există și tuburi mai complexe, cu mai multe grile, combinate, cu descărcări în gaze etc.

Tuburile multigrilă sînt:

— hexoda — tubul cu șase electrozi dintre care patru grile, prima și a treia de comandă iar a doua și a patra — grile de ecran;

— heptoda sau pentagrila și octoda.

Aceste tuburi erau utilizate la mixarea a două frecvențe avînd două grile de comandă.

În afară de aceste tuburi mai există tuburile combinate care simplificau montajele și scădeau prețul de cost al aparaturii. Se fabricau duble diode, duble triode, trioda-pentoda, trioda hexoda și chiar dubla pentoda. Despre utilizarea acestora vom aminti în capitolele următoare unde vom prezenta diferite circuite electronice specifice tehnicii recepției sau emisiei.

## 17.7. Indicativele tuburilor electronice.

Pe la mijlocul anilor '30 a apărut primul tip de soclu pentru tuburi electronice. Cu timpul diversificarea a fost foarte mare aproape fiecare firmă avînd un anumit soclu. Abia prin anii '50 soclurile au căpătat forme aproape asemănătoare mai ales datorită progresului tehnologic. Vom prezenta numai pe acestea din urmă deoarece este mai mare probabilitatea de a mai fi întîlnite în aparatura încă în stare de funcționare. Deci tuburi octal, noval, magnoval, decal și miniatură. Cîte un soclu din fiecare tip este reprezentat schițat în fig.

Tuburile de recepție, de emisie, folosite în receptoare de televiziune, în amplificatoare audio, în redresoare și multe alte aparate sînt notate cu diferite coduri formate din litere și cifre.

Sistemul de notație sovietic și american este format în felul următor: prima cifră arată tensiunea de încălzire a filamentului, urmată de o literă care indică numărul de electrozi, apoi iar o cifră care indică seria de fabricație.




Fig. 17.10. Soclurile celor mai uzitate tipuri de tuburi electronice

Literele în sistemul sovietic au semnificațiile.

A — diodă
X — dublă triodă
C — triodă
H — dublă triodă
Э — tetrodă
П — Tetrodă cu [illegible]
Ж — pentodă cu pantă fixă
K — pentodă cu pantă variabilă
A, Λ — schimbător de frecvență
Г — diodă-triodă
Б — diodă pentodă
Ф — triodă-pentodă
[illegible] — indicator de acord
Ц — redresoare

Al patrulea element, tot o literă arată caracteristica constructivă

C — tub de sticlă normal
Ж — tub ghindă
A — tub subminiatură 6 mm
Б — Tub subminiatură 10 mm
P — tub subminiatură 4 mm
A — Tub cu blocare la soclu
П — tub heptal sau noval

Semnificația [illegible] tabelul 17.1 [illegible] R.P. Ungară, Olanda, R.D. Germană [illegible]

*Tabelul 17.1.*

Codul european [illegible] de recepție

*Prima literă* — încălzirea

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| A | = 4 V | (vechi) | | L tetrodă și pentodă finală |
| B | = 180 mA | (vechi) | | H hexodă și heptodă |
| C | = 200 mA | (vechi) | | K octodă și heptodă |
| D | = 1,4 V | | | M tub indicator |
| E | = 6,3 V | | | Y diodă redresoare |
| G | = 5 V | | | Z dublă diodă redresoare |
| H | = 150 mA | | | |
| K | = 2 V | (vechi) | | |
| P | = 300 mA | | | |
| U | = 100 mA | | | |
| V | = 50 mA | | | |
| X | = 600 mA | | | |

*prima cifră arată [illegible]* | *[illegible] construcția [illegible]*

| | |
|---|---|
| 2 decal | A diodă exclusiv redresoare |
| 3 octal | B dublă diodă cu catod comun |
| 5 magnoval | C triodă (nu finale) |
| 8 noval | D triodă finală |
| 9 miniatură | [illegible] nu finale |
| | F pentodă (nu finale) |

Mai departe vom da semnificația literelor cifrelor pentru tuburile de emisie și redresoare de înaltă tensiune.

*Prima cifră*

T — triodă
Q — tetrodă
QQ — dublă tetrodă
P — pentodă
D — diodă redresoare de înaltă frecvență

A doua literă

A — catod de wolfram
B — catod de wolfram thoriat
cC — catod de oxizi
E — catod încălzit indirect

A treia literă

A — anod răcit cu apă
L anod răcit cu aer
H — anod cu spirală de răcire cu apă
G — Tub cu vapori de mercur
X — tub cu gaze inerte

Cifrele dinaintea liniei indică [illegible] sau tensiunea redresată la tuburile redresoare [illegible] kV. [illegible] grup de cifre indică puterea de ieșire în Watt sau kW.

Citeva exemple de tuburi de emisie

TB 4 250 triodă de emisie cu catod de wolfram thoriat [illegible] kV [illegible] anod și 250 W putere de ieșire.
QQE [illegible] dublă tetrodă cu încălzire indirectă [illegible] kV $P_a$ [illegible] W
TB 4/12[illegible] triodă cu catod de [illegible] kV $P_a$ [illegible] W

Test

1. Care este [illegible]?
2. C[illegible] ecran și grilă supresoare?
a) triodă b) tetrodă c) pentodă d) dublă triodă
3. [illegible]
4. [illegible]

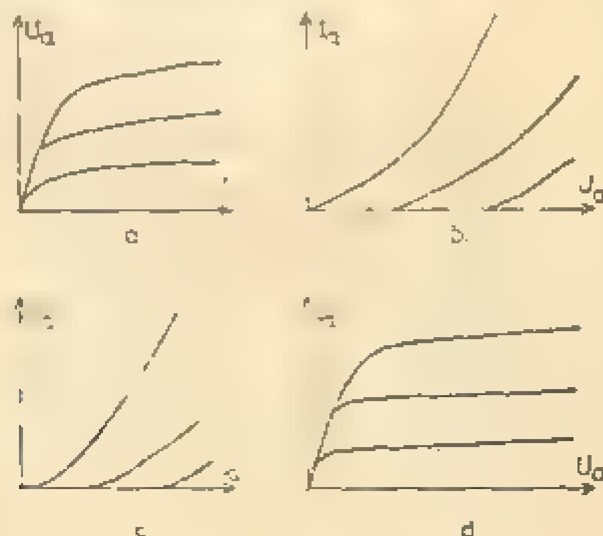


Fig. 1. 11

5. Care sînt parametrii cei mai importanţi ai tuburilor electronice şi care este relaţia matematică de interdependenţă?

6. La ce se foloseşte o triodă hexodă?

7. Care sînt avantajele şi [illegible] tuburilor, tranzistoarelor şi TEC-urilor?

8. Ce semnifică următoarele indicative?

a) EF 80 b) PY 88 c) ECL 85 d) QB 3/200

*Răspunsuri*

1. Fig. 17.1 b; 2. c; 3. d; 4. b

5. Parametrii [illegible] S, factorul de amplificare $\mu$ şi rezistenţa [illegible] $R_i$ [illegible]

6. Trioda se foloseşte [illegible] pentru [illegible] frecvenţe

7. [illegible] tranzistoarele [illegible]

[illegible] receptoarelor de mare sensibilitate

8. a) Pentodă, 6,3 V la, filament soclu miniatură

b) [illegible] filamentului în serie 0,3 A cu soclu noval

c) [illegible] noval

d) Tetrodă de emisie $U_a$ = 3 kV; $P_a$ = 200 W

Capitolul 18

# Radiocomunicația

Începînd cu acest capitol vom prezenta principiile de bază ale radiotehnicii. Ne vom ocupa de modulație și de emisie, apoi de detecție și de radiorecepție. Pentru început se vor explica schemele bloc după care vom trece la scheme particulare.

Se înțelege că aceste capitole se adresează celor care și-au însușit cît de puțin materialul prezentat în prima parte a acestei cărți.

## 18.1. Generalități.

De foarte multă vreme omul a fost nevoit să transmită informații la distanțe mai mari decît cele acoperite de propria voce. Transmisia de la distanță cu ajutorul focurilor realiza comunicarea unei cantități de informații foarte reduse: da sau nu. Astfel s-a aflat în Peloponez despre căderea Troiei și mai tîrziu la Roma despre căderea Ierusalimului asediat de Vespasian. Sute și sute de ani n-au apărut alte mijloace de comunicație.

Abia în timpul Revoluției franceze Claude Chappe născocește un „alfabet aerian" cu ajutorul căruia se puteau transmite informații ce puteau fi numite încă de pe atunci telegrame. Ele erau formate din cuvinte care, transmise literă cu literă, formate din drugi mobili articulați pe un mare catarg și care erau citite de la mari distanțe prin lunete. Știrile importante se puteau transmite în cîteva minute pe distanțe de sute de kilometri, dar secretul transmisiei nu era asigurat.

Primul care a avut ideea de a folosi curentul electric în telegrafie a fost medicul Sömmering care utiliza efectul electrochimic, apoi Gauss și Weber au construit la Göttingen în 1833 un telegraf bazat pe efectul magnetic al curentului electric.

Pictorul american Samuel Morse a avut ideea care să folosească un electromagnet acționa un ac ce scria o linie, un punct sau lăsa o pauză. Pe baza acestei invenții a apărut în 1843 primul serviciu telegrafic pe fir între Washington și Baltimore. Invenția s-a răspîndit în lumea întreagă și nu mai rămînea decît să se suprime firul metalic pentru ca telegrafia să atingă desăvîrșirea.

În anul 1870 fizicianul englez J. C. Maxwell (1831—1879) demonstrează matematic existența undelor electromagnetice și posibilitatea acestora de a se propaga cu viteza luminii (300 000 km/s.) Zece ani mai tîrziu fizicianul




Fig. 18.1. Schemă simplificată a unei radiocomunicații

germanul Heinrich Hertz (1857–1894) demonstrează experimental posibilitatea generării undelor electromagnetice, a recepției la distanță a acestora și mai ales faptul că se propagă asemănător undelor luminoase. În cinstea lui undele electromagnetice au primit numele de unde hertziene, iar unitatea de măsură a frecvenței este Hertz-ul (Hz).

După descoperirea lui Hertz mulți inventatori au căutat să folosească undele electromagnetice pentru transmiterea fără fir a semnalelor telegrafice. Dar cel care a reușit să transmită semnale electrice pe distanțe mai mari a fost italianul Guglielmo Marconi (1874–1937). Marconi a descoperit că semnalele electrice se propagă la distanțe mai mari, dacă puterea emițătorului crește și dacă antena de emisie este mai înaltă. În decembrie 1901 el reușește să transmită un semnal telegrafic peste Oceanul Atlantic. După 6 ani de muncă intensă Marconi reușește să transmită prima radiotelegramă care cuprindea 50 de cuvinte. Semnalele au fost transmise la o distanță de 3 400 km, din Glace Bay (Canada) și Poldhu (Anglia). Radiotelegrafia sau cum se numea pe atunci telegrafia fără fir, era deja o realitate.

Schema simplificată a unei transmisiuni radio este prezentată în fig. 18.1. Între sursa de informație, vocea umană de exemplu, și radioascultător se constituie așa numitul lanț de transmisiune. Informația, în curentul audio (20 ... 20 000 Hz) pentru voce și muzică, trebuie transmisă în spațiu cu ajutorul semnalelor electromagnetice de frecvență înaltă. Aceasta se îndeplinește în emițătorul de radio. Deci oscilațiile acustice sînt transformate în oscilații electrice cu ajutorul unui microfon, iar acestea trebuie transpuse în domeniul frecvențelor înalte, care pot străbate mari distanțe. Aceasta se realizează cu aparatul modulator. La celălalt capăt al lanțului de transmisie se află radioreceptorul care prin demodulare readuce oscilațiile de înaltă frecvență în domeniul frecvențelor audio, care se pot asculta în difuzor.

Procedeul prin care oscilațiile acustice, purtătoare de informație, se suprapun peste un semnal de frecvență înaltă (purtătoare) este numit modulație.

În radioreceptor oscilațiile audio sînt separate de purtătoarea de înaltă frecvență prin procesul invers de demodulare.

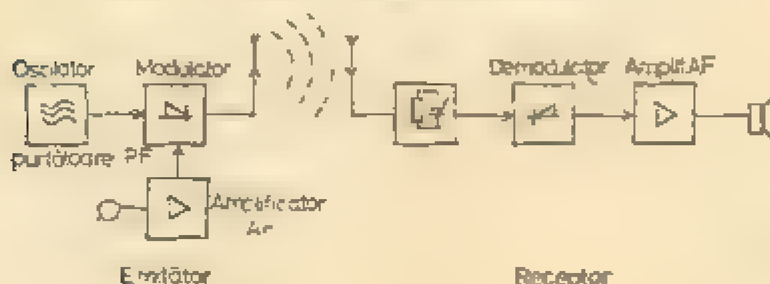



Fig. 18.2. Lanțul de transmisiune „studiou-ascultător"

## 18.2. Radioamatorii și radiocomunicațiile

Radioamatorii transmit informații prin diferite procedee. Cel mai vechi procedeu de modulație a fost telegrafia în codul Morse. Cu ajutorul acestui cod se puteau transmite litere, cifre, și chiar semne. Cu timpul au apărut și alte coduri, alte moduri de transmisiune, dar telegrafia în codul Morse păstrează și astăzi un loc important în radiocomunicații deoarece este un procedeu simplu și sigur. Bazîndu-se pe acest cod la care se adaugă un cod de prescurtări, codul Q, transmisiunile radioamatorilor sînt [illegible] de siguranță și cu o bună inteligibilitate chiar în condiții de propagare defavorabile. Dezavantajul acestui mod de comunicație este necesitatea unui antrenament de lungă durată pînă la învățarea codului [illegible] cît și la recepție. Există desigur și posibilitatea descifrării automate, dar astfel de instalații sînt mai greu [illegible] radioamatori.

Alături de radiotelegrafie radioamatorii mai comunică și în fonie. De data aceasta [illegible] plicat, [illegible] În afară de [illegible] lățimea de bandă [illegible] este mai mare, raportul semnal/zgomot este mai mic și chiar distanța de transmisie este mai mică.

De aceea cele mai prețuite și mai căutate DX-uri (legături la mare distanță) se fac mai ales în telegrafie.

Alte domenii ale [illegible] RTTY [illegible] se [illegible] Baudot [illegible] ASCII, [illegible] cifre, [illegible] pe un [illegible] tor sau pe ecranul unui televizor.

În transmisiunile de facsimile, (SSTV Slow Scan TV) imaginile sînt descompuse pe linii și transmise [illegible] în semnale „albe sau negre". Asemănător se întîmplă și în televiziune. Imaginea captată [illegible] transpusă în [illegible] care conține informațiile de luminanță și culoare [illegible]. Semnalul video analogic este transpus în domeniul frecvențelor radio și emis în eter.

Prin telecomandă un semnal poate acționa la locul de recepție, de exemplu un releu. Dar telecomanda [illegible] preocupări ale radioamatorilor.

## 18.3. Tipuri de modulație

Un semnal sinusoidal de [illegible] frecvență se poate exprima matematic prin următoarea expresie

$$u = U \sin (\omega t + \varphi)$$

În relația de mai sus $u$ este valoarea instantanee a tensiunii [illegible] în funcție de timpul $t$, $U$ este amplitudinea acestei tensiuni, $\omega$ [illegible] frecvența unghiulară, iar $\varphi$ faza oscilațiilor.*

Prin procesul de modulație se pot influența cei trei parametri ai acestei oscilații exprimate în funcție de timp. Dacă amplitudinea $U$ variază în ritmul semnalului modulator, în timp ce frecvența și faza rămîn neschimbate, se obține *modulația de amplitudine* (MA).

Dacă în ritmul semnalului modulator variază frecvența $\omega = 2\pi f$, în timp ce amplitudinea $U$ și faza $\varphi$ rămîn neschimbate se obține *modulație de frecvență* (MF). În sfîrșit dacă faza $\varphi$ variază în ritmul semnalului modulator se obține *modulația de fază* (MP). Modulația de fază este foarte asemănătoare cu modulația de frecvență, deoarece dacă se schimbă faza rezultatul este asemănător cazului în care ar fi variat frecvența în limite mai strînse. De aceea modulația de frecvență și de fază se grupează sub denumirea de modulație unghiulară. În cele ce urmează vom face prezentarea diferențiată a modulației de amplitudine MA și modulației de frecvență MF.

Pe ecranul unui osciloscop semnalul modulator, semnalul purtător de înaltă frecvență și semnalul complex modulat în amplitudine sau în frecvență arată ca în figura 18.3.

În fig. 18.3 *a* este reprezentat semnalul de joasă frecvență modulator. Semnalul de înaltă frecvență, purtătoarea are o amplitudine care variază identic cu semnalul de joasă frecvență. Alternanței pozitive îi corespund amplitudini mai mari ale purtătoarei modulate, iar alternanței negative amplitudini mai mici. Tensiunii modulatoare nule îi corespunde amplitudinea medie a purtătoarei.

În cazul modulației de frecvență amplitudinea rămîne aceeași și se schimbă numai frecvența purtătoarei. Altfel spus, variază numărul de oscilații pe unitatea de timp. Pe timpul alternanței pozitive a semnalului de JF, frecvența este mai mare, iar alternanței negative îi corespunde o scădere a frecvenței. Cînd tensiunea modulatoare este nulă, frecvența purtătoarei este neschimbată.

Procedeele descrise sînt analogice, în sensul că tensiunea semnalului modulat urmărește întocmai variația semnalului de JF, toate valorile inter-

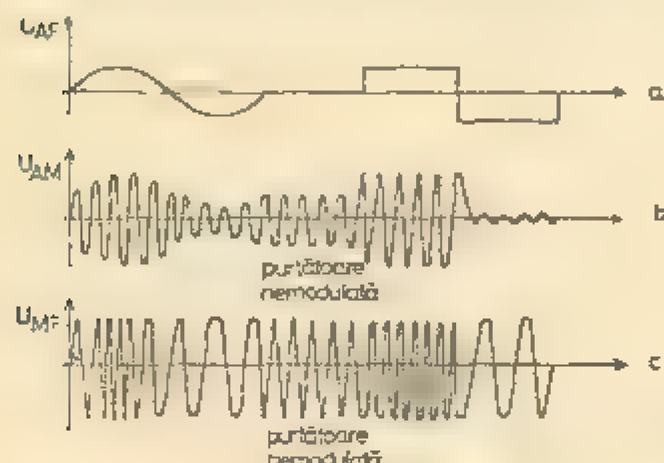



Fig. 18.3. Semnale: *a)* audio; *b)* modulat în amplitudine; *c)* modulat în frecvență.

mediare între un maxim și un minim. În cazul unei transmisii digitale, ca de exemplu telegrafia, semnalul modulat urmează numai două valori, 0 și 1, semnal mare și semnal mic (de ex. în modulația în amplitudine MA) avem amplitudine mare respectiv mică sau nulă. Iar în MF frecvență mare – frecvență mică. În astfel de transmisiuni nu există valori intermediare.

În afara acestor tipuri de modulație mai există și modulația în impulsuri, care nu se folosește deocamdată în comunicațiile dintre radioamatori. Un semnal analogic de JF, mesajul, este eșantionat într-o serie de impulsuri (fig. 18.4). Dacă amplitudinea impulsurilor urmărește variația mesajului, se realizează modulația de impulsuri în amplitudine. Dacă durata impulsurilor variază proporțional cu variația mesajului, se realizează modulația de impulsuri în durată.

Pentru o mai bună înțelegere a tipurilor de modulație am dat mai jos un tabel sinoptic.

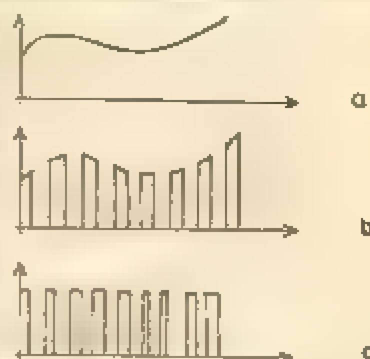
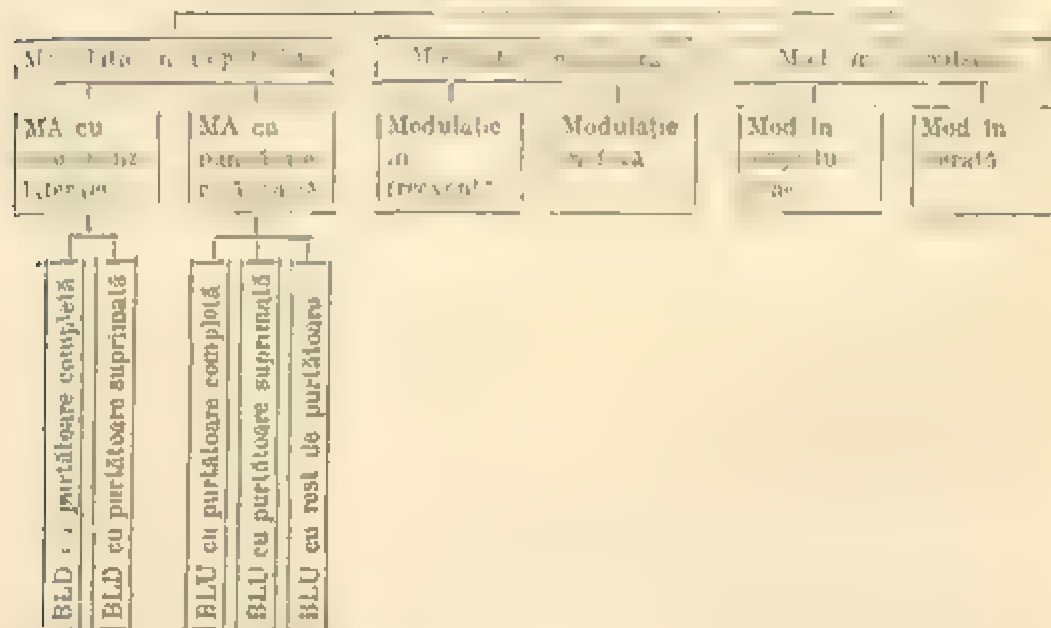


Fig. 18.4. Modulația în impulsuri: [illegible]



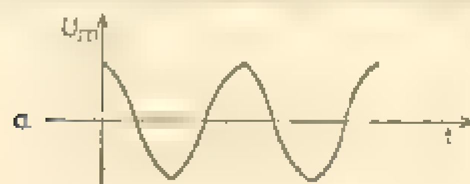

## 18.3.1. Modulația în amplitudine

Din punct de vedere tehnic modulația se explică în felul următor. Dacă două semnale de frecvențe diferite se aplică la intrarea unui dispozitiv electronic neliniar.

Apar două fenomene distincte: translația și mixarea.

Dată fiind dificultatea înțelegerii demonstrației matematice a desfășurării proceselor de modulație vom încerca o explicație intuitivă recurgînd la diagrame și la cîteva relații matematice.

Să ne amintim de primele capitole [illegible] curent, și [illegible]. Dacă aplicăm o tensiune [illegible] pe un element liniar cu un rezistor, tensiunea la bornele sale este [illegible]. Aceasta nu este modulată de amplitudine [illegible].










[illegible]

Altfel se prezintă lucrurile dacă două tensiuni alternative de frecvențe diferite se aplică pe un [illegible] frecvență, deci cu frecvențe mai mare de 100 kHz, se scrie matematic astfel

$$u_p = U_p \cos \omega_p t$$

unde $U_p$ este amplitudinea maximă a oscilației, $\omega_p = 2\pi f_p$ este pulsația și $f_p$ frecvența purtătoare.

Semnalul de radiofrecvență $u_p$ este modulat cu un semnal de audiofrecvență, cu o frecvență mult mai scăzută, numit semnal modulator

$$u_m = U_m \cos \omega_m t$$

Cele două semnale se aplică la [illegible] amplitudine.

[illegible] în ritmul oscilației modulatoare

$$u = U_p(1 + m \cos \omega_m t) \cos \omega_p t$$

[illegible]

[illegible]

Expresia matematică a [illegible] se mai poate scrie

$$u = U_p \cos \omega_p t + U_p \cos \omega_m t \cos \omega_p t$$

[illegible]

Cu ajutorul expresiei produsului de modulație se poate explica apariția unor noi frecvențe inexistente [illegible], transformînd trigonometric expresia produsului de modulație semnalul modulat în amplitudine va avea forma

$$u = U_p \cos \omega_p t + \frac{mU_p}{2} \cos (\omega_p + \omega_m)t + \frac{mU_p}{2} \cos (\omega_p - \omega_m)t$$

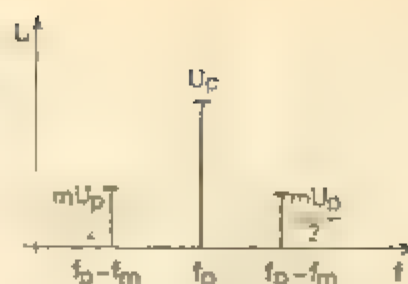



Fig. 18.6. Spectrul de frecvențe al unui semnal modulat în amplitudine.

Această expresie arată că [illegible] modulată în amplitudine are trei componente [illegible] dar cu un spectru de frecvențe $f_p$, $f_p - f_m$ și $f_p + f_m$ [illegible] frecvența purtătoare iar cea [illegible] superioară. Dacă semnalul [illegible] o bandă de frecvențe, vor apare două benzi laterale.

[illegible] tipuri de modulații în amplitudine:

MA cu purtătoare și bandă laterală dublă

MA cu purtătoare [illegible] și bandă [illegible] dublă

MA [illegible] purtătoare [illegible] bandă laterală [illegible] tipuri de modulație [illegible] particulare.

## 18.2. Modulația în amplitudine cu bandă laterală dublă

[illegible] frecvențe [illegible] purtătoare și [illegible] diferența dintre frecvența purtătoare și modulatoare.

[illegible] fig. 18.6 [illegible] modulat în amplitudine [illegible] frecvența [illegible] $f$ [illegible] format dintr-un amestec de frecvențe.

[illegible] Hz și [illegible] Hz. Se [illegible] 1 kHz, 2 kHz și [illegible] Rezultă [illegible] fig. 18.7.

[illegible] superioară [illegible] LSB și [illegible] USB. Acest tip de modulație se [illegible] A3E.




Fig. 18.7. Spectrul de frecvențe: a) semnal modulator; b) semnal modulat.

a

b

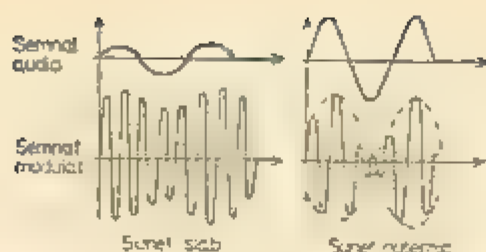



Fig. 18.8 Influența amplitudinii sunetului modulator

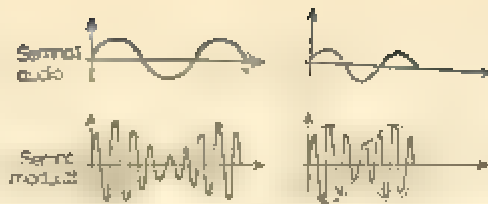



Fig. 18.9 Influența frecvenței sunetului modulator

Din figura 18.7 se poate calcula că banda necesară în A 3 este dublul frecvenței audio celei mai înalte de transmis. Deci banda necesară

$$B_{A3} = 2f_{AF\,max}$$

În exemplul dat banda de transmisiune se întinde de la 997 la 1003 kHz deci banda necesară este 6 kHz.

*Problemă.* Filtrul de frecvență intermediară al unui radioreceptor are o lățime de bandă de $B$ = 9 kHz. Care este frecvența audio maximă care poate trece prin acest filtru?

$$f_{AF} = \frac{B}{2} = \frac{9\ \text{kHz}}{2} = 4{,}5\ \text{kHz}$$

Pentru caracterizarea modulației în amplitudine se folosește mărimea numită ***grad de modulație***.

Un sunet mai tare modifică mai mult amplitudinea undei modulate decît un sunet mai slab. De asemenea un sunet mai înalt modifică amplitudinea mai des decît un sunet mai grav.

Gradul de modulație $m$ este raportul dintre variația maximă a amplitudinii purtătoarei modulate și valoarea acesteia în lipsa modulației. Se măsoară în procente după relația

$$m = \frac{U}{U_p} = \frac{U_M - U_m}{2U_p} = \frac{U_M - U_m}{U_M + U_m}$$

unde $U_M$ este amplitudinea maximă a semnalului modulat;

$U_m$ — amplitudinea minimă a semnalului modulat;

$U_p$ — amplitudinea purtătoarei nemodulate.

Pentru semnalul din fig. 18.10 *a* gradul de modulație este $m = 0{,}5$ iar pentru cel din fig. 18.10 *b* $m = 1$.

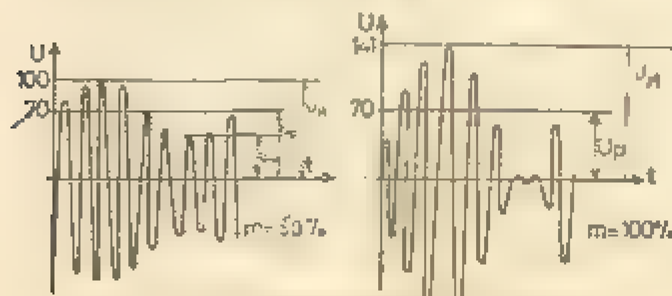



Fig. 18.10 Variația gradului de modulație

Dacă $m = 1$ amplitudinea maximă de radiofrecvență, $U_p(1 + m)$ poate atinge dublul purtătoarei nemodulate. Acesta este vîrful de modulație. Amplitudinea minimă este [illegible] și se numește profunzime de modulație.

Deoarece purtătoarea este [illegible] tensiune, la [illegible] de modulație [illegible] purtătoare. [illegible] MA trebuie să [illegible] supramodulare. În caz contrar, [illegible] modulație apar distorsiuni, „blocări" și suprasaturații.

Practic modulația de amplitudine se realizează prin modificarea tensiunii de alimentare al [illegible] tranzistor [illegible] de radiofrecvență la ieșirea [illegible] în ritmul semnalului modulator.

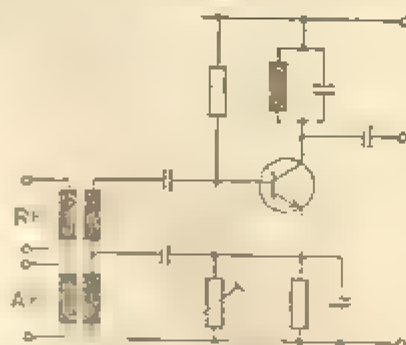



Fig. 18.11. Modulator AM

Vom descrie un procedeu dintre cele mai uzitate: *modulația* pe colector.

În figura 18.11 semnalul RF este amplificat de tranzistor. Tensiunea de audiofrecvență [illegible] alimentare [illegible] semnalului de RF [illegible] de variație a semnalului [illegible] procedeu este utilizat în montaje cu tuburi electronice și prezintă distorsiuni reduse, [illegible]

## 18.3.3. Modulația telegrafică cu bandă laterală dublă

[illegible] semnal [illegible] este format dintr-o [illegible] și se constată [illegible] există [illegible] (fig. 18.12).

[illegible] semnal [illegible] serie [illegible] după cum urmează:

$$f(t)=\frac{4A}{\pi}\left(\sin\omega t+\frac{1}{3}\sin 3\omega t+\frac{1}{5}\sin 5\omega t+\dots\right)$$

Aceasta înseamnă că un semnal [illegible] se poate descompune într-o frecvență fundamentală [illegible] și armonica a treia (frecvență triplă, cu amplitudine de trei ori mai mică) [illegible] ori mai mare [illegible] astfel [illegible] semnale dintr-un spectru larg de frecvențe [illegible] se amplează practic mult mai repede pînă la armonica a noua care are o amplitudine de nouă ori mai mică decît semnalul original.

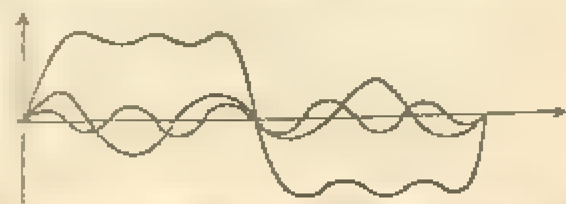


Fig. 18.12. [illegible]

În telegrafie Morse (A1A) banda ocupată depinde de viteza de transmisiune a semnalelor [illegible]

După cum se vede în figura 18.13 [illegible] sînt formate din linii și puncte, semnele de durata [illegible] separate de pauze. Impulsurile lungi durează de trei ori [illegible]. Un ritm de transmisiune obișnuit atinge 75 de impulsuri pe [illegible] are o frecvență fundamentală de circa 5 Hz. Un ritm [illegible] care este aproape de limita maximă atinsă în traficul radioama[illegible] o frecvență de [illegible]. Dacă în astfel de transmisiuni se poate recepționa semnele cu amplitudinea [illegible] ori mai mică [illegible] frecvența de [illegible] ori mai mare, banda [illegible] de 150 de impulsuri elementare pe minut.




Fig. 18.13. [illegible] ARAD în [illegible] Morse

Numărul de [illegible] de manipulare mai [illegible]. Frecvența [illegible] și aspectul [illegible] mai mare de [illegible]. În concluzie banda [illegible] radioamatori [illegible] 100 ... 200 Hz.

### 18.3.4. Modulația cu bandă laterală dublă și purtătoare suprimată

[illegible] prezintă un [illegible] mental de putere [illegible] se suprimă [illegible] decurgă în mod normal.

Matematic semnalul transmis este de forma:

$$u = mU_p \cos \omega_m t \cos \omega_p t = \frac{mU_p}{2} \cos(\omega_p + \omega_m)t + \frac{mU_p}{2} \cos(\omega_p - \omega_m)t$$

În [illegible] un rest care [illegible] separat. [illegible] cu se face [illegible] purtătoare [illegible] un semnal numai [illegible] este de [illegible] audiofrecvență.

Un modulator echilibrat este format [illegible] din două transformatoare [illegible] și patru diode [illegible] să fie urmat de [illegible] se aplică pe cele [illegible] la cele două diagonale ale punții.




Fig. 18.14. Modulator echilibrat

[illegible] În figura 18.15 este înfățișată [illegible] în intervalele pozitive ale [illegible] pentru o orientare mai ușoară — În punctul O semnalul [illegible] este nul. Deoarece [illegible] audiofrec-

vență se împarte în mod egal pe cele două [illegible] transformatorului *Tr2* astfel că pe înfășurarea secundară nu apare nici o tensiune. În intervalul *1*—*10* pe transformatorul *Tr1* se aplică semiperioada pozitivă a semnalului de audiofrecvență în intervalul *1* când tensiunea crește diodele *2* [illegible] *1* și [illegible] blocate. Semiperi[illegible] lui de înaltă frecvență (intervalele *1*, *3*, *5* [illegible]) produc partea pozitivă a tensiunii $U_3$ [illegible] semiperioadele negative (intervalele *2*, *4*, [illegible]) partea negativă a tensiunii $U_3$. În intervalele *11*—*20* tensiunea de audiofrecvență este negativă. Diodele *1* și [illegible] blocate. Acum în intervalele pozitive ale semnalului de RF (intervalele *11*, *13*, *1*[illegible]) apare partea negativă a tensiunii de [illegible] și invers în intervalele *12*, *14*, *16*, la trecerea [illegible] *10* și *11* [illegible]

În figura [illegible] comparat[illegible] [illegible] tive a semnalului modulator $U_1$.

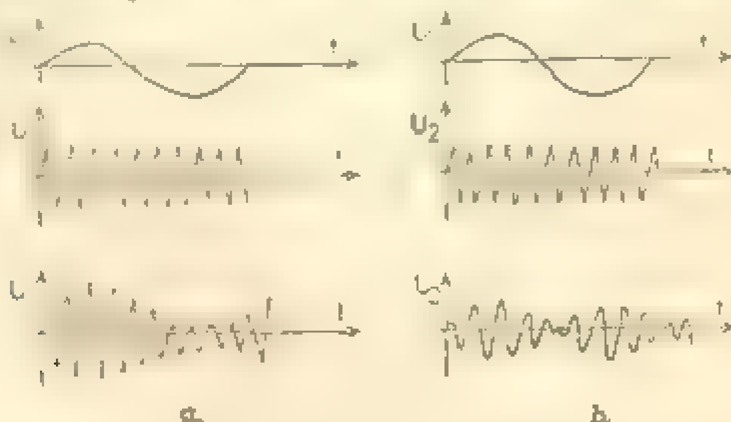



Fig. 18.16. C[illegible] între forma semnalului MA cu purtătoare (a) și cu purtătoare suprimată (b)

## 18.3.5. Modulația în amplitudine cu bandă laterală unică

În [illegible] de frecvențe [illegible] [illegible] benzile laterale [illegible] (LSB) sau cea sup[illegible]

BLSt, deoarece în fiecare bandă [illegible] aceeași informație. Suma sau diferența dintre purtătoare și [illegible] altă frecvență care poate fi radiată prin antenă. [illegible] pentru demodulare. Acest tip de modulație [illegible] se denumește SSB (single side band [illegible] J. E. Prin acest procedeu se [illegible] avantaje și la recepție [illegible].

Fig. 18.17 [illegible] a) LSB; b) USB [illegible] c) diagrama în funcție de timp

[illegible] prin astfel de modulație se [illegible] un singur ton la emisie rezultă [illegible] o singură frecvență [illegible] purtătoare și [illegible] exact cu frecvența audio [illegible] $f_p - f_{AF}$ sau $f_p + f_{AF}$.

Să presupunem [illegible] 7 000 kHz [illegible] 3 kHz. [illegible] USB [illegible] purtătoarea suprimată are frecvența 7 003 kHz.

[illegible]

[illegible] cu un semnal [illegible] un semnal MA cu bandă laterală dublă (DSB) [illegible] printr-un filtru [illegible] care va fi radiată de antenă [illegible]. Există și alte metode de obținere a SSB [illegible] ar fi metoda fazării, dar explicația depășește cadrul acestei cărți.

AF

Fig. 18.19 Realizarea modulației SSB prin metoda filtrării

## 18.4. Modulația în frecvență

În domeniul undelor ultrascurte [illegible] radiocomunicațiile mobile și [illegible] de interes [illegible] se [illegible] modulația în frecvență. După cum am mai arătat, parametrul asupra căruia [illegible] prin modulație este frecvența purtătoarei, care variază [illegible] semnalului [illegible] modulator.

Deoarece amplitudinea rămîne constantă, la recepție se mai poate face o limitare în amplitudine a semnalului recepționat ceea ce duce la eliminarea perturbațiilor sub formă de impulsuri. În plus, puterea semnalului audio nedepinzînd de intensitatea semnalului la recepție, acest tip de modulație se pretează foarte bine la radiocomunicații mobile.

Ca în orice comunicație radio, trebuie transmisă două informații: o informație de intensitate (amplitudinea semnalului) și o informație de frecvență (înălțimea semnalului).

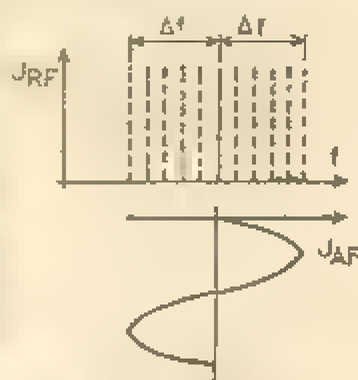



Fig. 18.20 Variația deviației de frecvență în funcție de amplitudinea semnalului audio modulator

La modulația de frecvență semnalul audio acționează numai asupra frecvenței purtătoarei, care va fi deviată cu o plajă $\pm \Delta f$ în jurul frecvenței centrale (fig. 18.20).

Această deviație de frecvență va fi mai mare sau mai mică după cum amplitudinea semnalului audio este mai mare sau mai mică. Deci, un sunet mai puternic provoacă o deviație de frecvență mai mare decît un sunet mai slab (fig. 18.21).

Dar informația de înălțime a sunetului (frecvența audio) unde este? Ea este dată de rapiditatea variației în jurul frecvenței purtătoare. Înălțimea sunetului determină numărul de variații în jurul frecvenței purtătoare centrale. Aceasta înseamnă că dacă transmitem două sunete de aceeași amplitudine dar cu înălțimi diferite, deviația de frecvență va fi aceeași, dar numărul de variații în jurul frecvenței purtătoare va fi diferit. Deci pentru un semnal grav vom avea mai puține deviații în jurul purtătoarei decît pentru un semnal mai înalt.

O radiocomunicație cu modulație în frecvență este caracterizată de deviația de frecvență maximă $\Delta f$ care este abaterea maximă față de frecvența purtătoare numită și frecvență centrală:

$$\Delta f = f_p - f_{min} = f_{max} - f_p = \frac{f_{max} - f_{min}}{2}$$

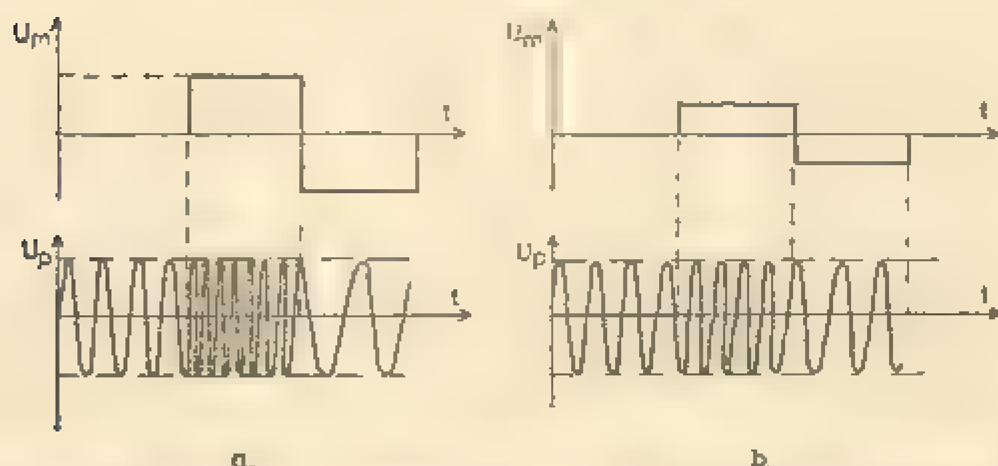



Fig. 18.22 Variația [illegible] semnalelor MF în funcție de frecvența semnalului modulator: a) frecvență modulatoare mică; b) frecvență modulatoare mare

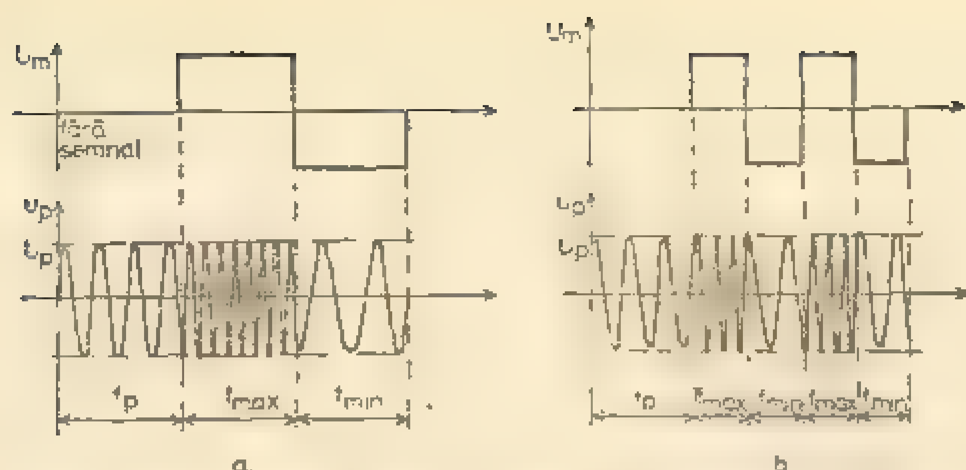



Fig. 18.8 [illegible]

Pentru radiodifuziune sonoră $\Delta f$ = 75 kHz iar in radiocomunicaţiile radioamatorilor doar 6 kHz.

[illegible] de modulaţie $\beta$ [illegible] este raportul dintre [illegible] modulatoare maximă:

$$\beta = \frac{\Delta f}{f_{AF}}$$

În radiodifuziune $f_{AF}$ [illegible] 15 kHz şi $\Delta f$ [illegible] kHz

$$\beta = \frac{75\ \text{kHz}}{15\ \text{kHz}} = 5$$

iar în traficul radioamatorilor $f_{AF}$ [illegible] kHz

$$\beta = \frac{6\ \text{kHz}}{3\ \text{kHz}} [illegible]$$

În difuzorul unui radioreceptor [illegible] de radiodifuziune se va auzi mai put[illegible] este diferentă [illegible] lărgimea de bandă se poate calcula cu [illegible] $b_{FM}$ = $2(\Delta f + f_{AF\,max})$.

## 18.4.1 Metoda de realizare a modulaţiei de frecvenţă

[illegible] frecvenţă se [illegible] care produce sem[illegible] generează semnale sinusoidale cu frecvenţa dată de [illegible]

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}}$$

Pentru a modifica frecvenţa [illegible] trebuie variate elementele reactive $L$ sau $C$ ale circuitului [illegible] modulator

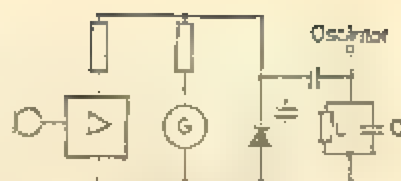


Fig. 18.23.

Aceasta se realizează cu [illegible] echipate cu tub sau tranzistor de reactanță sau cu diode varicap.

În momentul de față cel mai răspîndit modulator este cel cu diodă varicap.

În fig. 18.23 dioda cu capacitate variabilă este în paralel cu [illegible] LC. Dioda este menținută în stare de blocare permanentă da[illegible] de la sursa de [illegible]. S[illegible] modu[illegible] [illegible] ca capacitatea de barieră. Aceasta are drept [illegible] a frecvenței.

* * *

*Să recapitulăm* [illegible] semnal modulat are expresia

$$u = U \sin (\Omega t + \varphi)$$

unde Ω este [illegible]. Dacă variază U avem *modulație de amplitudine*, [illegible] Ω avem *modulație de frecvență*, iar dacă variază φ avem *modulație de fază*.

## TEST

1. [illegible] AM cu o singură bandă laterală [illegible] pe 7,1 MHz și este modulat cu 200 Hz, 4 kHz și 2 kHz.
2. [illegible]
3. Desenați schema unui modulator echilibrat.
4. [illegible] MF.
5. [illegible]

## *Răspunsuri*

1. 4 kHz
2. [illegible] $= 2 \cdot$ [illegible] $\approx 12$ kHz
3. Fig. 18.14
4. [illegible] maximă a frecvenței instantanee a emițătorului față de frecvența centrală.
5. Vezi schema bloc fig. 18.23

Capitolul 19

# Emițătoare. Scheme bloc

În [illegible] emițătoarelor

[illegible]

## 19.1 Emițătoare cu multiplicare de frecvență

În [illegible] serie de numere

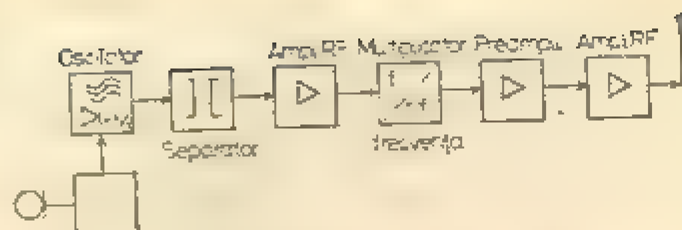
3 5 7 14 28

21

[illegible] Pentru [illegible] este nevoie de [illegible]

Fig. 19.1 Schema bloc a unui emițător US cu multiplicare de frecvență

Fig. 19.2. Schema bloc a unui emițător UUS cu multiplicare de frecvență




După [illegible] multe ori [illegible] multiplex [illegible] care aduce semnalul la [illegible] Pentru lucrul în telegrafie A1A se conectează și deconectează oscilatorul cu un manipulator Morse.

Emițătoarele cu modulație [illegible] pe același principiu, cu [illegible] Această [illegible] frecvența purtătoarei decît prin multiplicare.

[illegible] de 144 MHz [illegible] un plan de frecvență [illegible] 4, 6 sau 8.

4—8—24—48—144

6—12—36—72—144

8—16—48—144

[illegible] poată fi modulat [illegible] frecvența [illegible] MHz [illegible] Hz. [illegible] rele frecvențe

6 000—12[illegible], [illegible] 3 00[illegible]. În [illegible]

[illegible] ale purtătoarei în jurul frecvenței centrale.

*Exemplu:*

Purtătoarea nemodulată a unui emițător MF are frecvența de 144 MHz. Un semnal modulator face ca frecvența sa [illegible] 144,001 MHz de 500 de ori pe secundă. [illegible] frecvența instantanee a purtătoarei va [illegible] 144,002 MHz, tot de 500 de ori pe secundă.

## 19.2. Principiul heterodinării

Multiplicarea de frecvență nu poate fi folosită [illegible] semnalele în SSB [illegible] benzile [illegible] că intervalul de frecvență față de purtătoare ar crește și el. La recepție nu s-ar mai putea recunoaște semnalul original.




Fig. 19.3. [illegible] SSB [illegible]

*Exemplu.* Un emițător SSB [illegible] bandă laterală [illegible] $f_1 = 1$ kHz și $f_2 = 2$ kHz [illegible]. Frecvența [illegible] este 7 100 kHz [illegible] frecvențele 7 101 kHz și 7 102 kHz. [illegible] frecvența [illegible] semnalului și obținem purtătoarea 14 200 kHz [illegible] frecvențe [illegible] 14 202 kHz și 14 204 kHz. [illegible] frecvențe [illegible] de 2 sau 4 kHz în loc de 1 kHz și 2 kHz.

Pentru a nu se modifica frecvența [illegible] modulator, emițătoarele SSB folosesc heterodinarea.

Să examinăm schema bloc din fig. 19.3. [illegible] frecvență [illegible]

Cele [illegible] trecute prin filtrul de bandă care [illegible] MHz [illegible] de frecvență [illegible]

[illegible] MHz [illegible] MHz [illegible]

$f_1 + f_2$

$f_1 - f_2$

$f_1$

$f_2$

Fig. 19.4. [illegible]

Din păcate este greu să se construiască un [illegible] de frecvențe [illegible] ales pe frecvențe înalte.

[illegible] de modulație [illegible]

Și desigur pentru un radioamator [illegible] de spectru [illegible] și mai ales produsele de [illegible] care apar în antena emițătorului construit de el.

## 19.3. Sinteza frecvențelor

În ultima vreme au apărut dispozitive excitatoare care generează o [illegible] rețea de frecvențe [illegible] 1 kHz [illegible] 100 Hz. Frecvența unui singur oscilator [illegible] și divizări [illegible]. Aceste excitatoare se numesc sintetizoare de frecvență.

Sintetizorul de frecvență pe care îl prezentăm produce semnale sinusoidale cu un conținut redus de componente parazite și se bazează pe însumarea algebrică a două frecvențe prin metoda controlului automat de fază.

Dar mai întîi să prezentăm procedeul controlului automat de fază. Circuitele care realizează această funcție sînt denumitele PLL. Aceste litere sînt inițialele cuvintelor „Phase Locked Loop" care se traduc prin „buclă cu calare pe fază". În literatura de specialitate s-a răspîndit denumirea de circuit sau bucla PLL. Un astfel de circuit este compus din: comparator de fază — CP, oscilator controlat în tensiune — OCT, filtru trece jos — FTJ.

La intrarea comparatorului de fază se aplică semnalul de intrare $f_i$ și semnalul $f_0$ provenit de la ieșirea oscilatorului controlat în tensiune.

La ieșirea comparatorului de fază apare semnalul $E$ a cărui componentă de joasă frecvență este proporțională cu diferența de fază dintre $f_i$ și $f_0$. Filtrul trece jos separă din acest semnal numai componenta de joasă frecvență $f_s$ și o lasă să treacă la oscilatorul comandat în tensiune.

Să presupunem că frecvența semnalului de la intrarea $f_i$ este destul de apropiată de frecvența semnalului provenit de la oscilatorul comandat în tensiune $f_0$. La ieșirea comparatorului de fază apare o frecvență diferență $f_i - f_0$. Această frecvență este trecută prin filtrul trece jos și comandă oscilatorul. Frecvența acestuia va fi astfel modificată încît vom avea în final $f_0 = f_i$. La variații ale frecvenței semnalului de intrare sistemul PLL compensează faza oscilatorului și frecvența semnalului de ieșire urmărește aceste variații. Deci avem o calare a frecvenței semnalului de ieșire pe cea a semnalului de intrare. Același fenomen se petrece și cînd apar variații ale frecvenței oscilatorului comandat în tensiune.

Să examinăm acum schema unui sintetizor care generează semnale în banda de 144 MHz. Oscilatorul comandat în tensiune OCT generează semnale cu frecvența de ieșire $f_0$ = 24 MHz. Un astfel de oscilator nu prezintă o foarte bună stabilitate. Stabilizarea sa se realizează prin controlul automat al fazei față de un oscilator cu cuarț. În cazul că nu există sincronizare, la ieșirea comparatorului de fază apare o tensiune în formă de dinți de fierăstrău care trece oscilatorul prin întregul său domeniu de variație. Cînd se atinge frecvența prescrisă diferența de fază se anulează. Comparația de fază se face la o frecvență extrem de scăzută astfel ca pașii de frecvență ai sintetizorului să fie foarte mici.

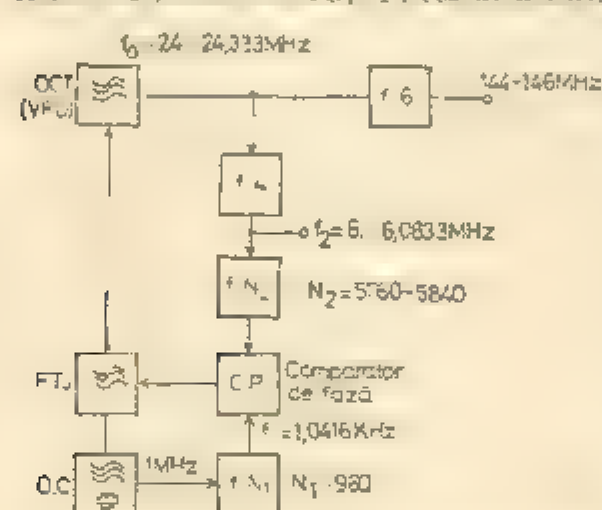



Fig. [illegible] sintetizor cu buclă [illegible] pentru gama de [illegible]

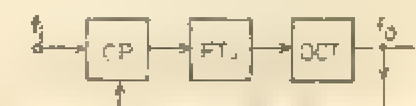



Fig. [illegible] circuit PLL

Să calculăm cum se obține frecvența $f$ = 144 MHz. Frecvența fixă de comparație se obține din baza de timp de 1 MHz cu divizorul fix 960. Se obține $f_r$ = 1 000 kHz : 960 = 1,041667 kHz. Frecvența oscilatorului comandat $f_0$ trebuie astfel divizată încât la cea altă intrare a comparatorului de fază să se aplice tot 1,041667 kHz. Pentru aceasta se divide cu 4 deci

$$24\,000\,000 \text{ Hz} : 4 = 6\,000\,000 \text{ Hz}$$

apoi cu 5 760 de la divizorul variabil

$$6\,000\,000 : 5\,760 = 1\,041{,}666 \text{ kHz}$$

Bucla PLL menține frecvența oscilatorului comandat pe 24 MHz și un multiplicator de frecvență cu factorul 6 aduce frecvența la 144 MHz.

Pentru obținerea oricărei frecvențe din banda de 144 MHz împărțită în 80 de canale la un ecart de 25 kHz se alege un divizor din intervalul 5760 ... 5840. Dacă pentru frecvența 144,075 MHz se utilizează un divizor 5763, iar oscilatorul va oscila pe frecvența de 24,012500 MHz.

În domeniul de unde scurte 3 ... 30 MHz schema este mai complicată pentru că este necesară o frecvență de pas de cel mult 1 kHz. Pentru aceasta se utilizează două bucle PLL sau mai multe mixere.

Prezentăm în fig. 19.7 schema bloc a unui sintetizor în banda 3 ... 30 MHz cu două bucle PLL.

Un oscilator cu cuarț generează o frecvență de 10 MHz. Semnalul este introdus într-un divizor care furnizează frecvențele de 100 Hz, 1 kHz și 5 MHz. Un oscilator de frecvență variabilă VFO furnizează frecvențe în gama de 2 ... 3 MHz. În bucla PLL oscilatorul controlat în tensiune lucrează în pași de 100 Hz. În această buclă semnalul dat de VFO (2 ... 3 MHz) este mixat cu 65 MHz provenit din altă cale de multiplicare și mixare a frecvenței de 10 MHz. La ieșirea buclei PLL vom avea una din frecvențele din banda 67 ... 68,000 MHz în pași de 1 kHz. Oscilatorul buclei $PLL_2$ lucrează în pas de 1 MHz, dați de divizorul de frecvență, și poate fi acordat între 6 și [illegible] MHz. Prin mixare cu 67 ... 68 MHz se obține la ieșirea buclei $PLL_2$ semnale cu frecvențe cuprinse între 73 și 100 MHz. Prin mixare substractivă cu 70 MHz se poate obține tot domeniul de frecvențe 3 ... 30 MHz. Acest mod de sinteză a frecvenței oferă o precizie mare și este utilizat în multe emițătoare-receptoare de unde scurte cu mici variații.

Fig. 19.7. Schema bloc a unui sintetizor cu două bucle PLL pentru întreg domeniul US

## 19.4. Transverterul

Denumirea provine din unirea a două cuvinte englezești: transmitter = emițător și converter = convertor. Dacă avem deja un emițător într-o bandă oarecare putem să-l facem să lucreze și în alte benzi printr-o nouă mixare.

Presupunem că avem un emițător în unde scurte și vrem să-i extindem domeniul de lucru în banda de 144 MHz. Vom mixa banda 28–30 MHz cu frecvența fixă de 116 MHz. Semnalul de la ieșirea preamplificatorului din emițătorul de US și semnalul dat de un oscilator auxiliar cu cuarț se mixează într-un modulator inel. La ieșirea acestuia se obține suma acestor frecvențe, semnal care se introduce într-un amplificator final de RF.

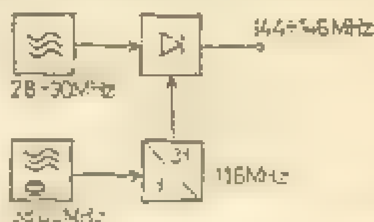



Fig. 19.8. Schema bloc a unui transverter pentru emisie în banda de 2 m.

### Test

1. Desenați schema bloc a unui emițător AM care funcționează pe principiul multiplicării de frecvență.
2. Un emițător modulat în frecvență lucrează după următorul plan de frecvențe: 12 × 6 × 2 = 144 MHz. Care este deviația de frecvență a oscilatorului dacă deviația de frecvență a emițătorului este 3 kHz?
3. Desenați schema bloc a unui emițător cu bandă laterală unică.
4. Ce dezavantaje prezintă emițătorul care este bazat pe principiul multiplicării de frecvență?
5. Cum funcționează un oscilator cu buclă PLL?

### *Răspunsuri*

1. Vezi schema 19.1.

2. Raportul frecvențelor este $\frac{144}{12} = 12$

$$f_{osc} = \frac{f}{12} = \frac{3000}{12} = 250 \text{ kHz}$$

3. Vezi schema 19.3.
4. La fiecare mixare apar armonici care pot fi radiate în eter.
5. Frecvența unui oscilator comandat în tensiune (VCO) este comparată printr-un divizor de frecvență cu frecvența unui oscilator cu cuarț. Tensiunea rezultată la ieșirea comparatorului este introdusă printr-un FTJ în VCO.

Capitolul 20

# Oscilatorul

Recapitulînd, etajele unui emițător MA sînt: oscilatorul, bufferul, amplificatorul RF, mixerul, multiplicatorul de frecvență, preamplificatorul și amplificatorul final de RF.

## 20.1. Amplificatorul acordat

Să considerăm schema unui amplificator de bandă largă (fig. 20.1 a) echipat cu un tranzistor. După cum se observă, singurele elemente de circuit sînt numai rezistențe și condensatoare (amplificator RC), iar amplificatorul poate funcționa curent la frecvențe ridicate (14 MHz). Condensatoarele prezintă reactanțe foarte scăzute la această frecvență.

Dacă în loc de rezistența din colectorul amplificatorului de bandă largă se montează un circuit rezonant paralel, acesta va prezenta la frecvența de rezonanță o impedanță foarte mare și implicit o amplificare foarte mare. Dar această amplificare mare apare numai la frecvența de rezonanță a circuitului acordat. Acest amplificator este numit amplificator rezonant, amplificator acordat sau amplificator selectiv.

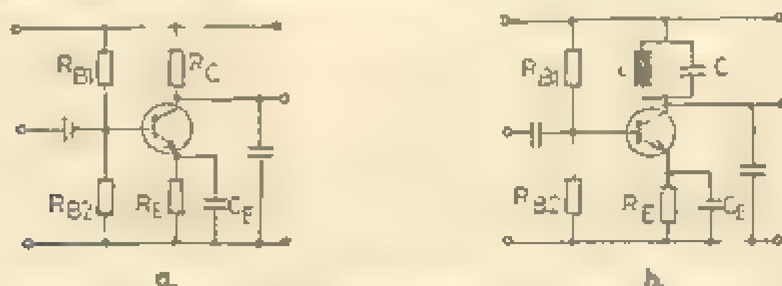



*Fig. 20.1.* Amplificator de bandă largă *(a)*. Amplificator selectiv *(b)*

Frecvența de lucru a amplificatorului este determinată de mărimea elementelor $L$ și $C$ după formula lui Thomson:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

iar lățimea de bandă depinde de factorul de calitate al circuitului:

$$B = \frac{f_0}{Q}$$

Aceste amplificatoare au dezavantajul că trebuie reacordate la fiecare schimbare de frecvență pentru a funcționa bine, la rezonanță. De aceea nu se prea utilizează în benzi [illegible] de unde și sunt [illegible] radioamatorilor. Dar în benzile de [illegible] banda obținută este relativ largă și se realizează ușor.

Amplificatorul acordat stă la baza schemei unui oscilator LC.

## 20.2. Oscilatorul LC

Oscilatorul este etajul cel mai important al unui emițător, și de aceea **va fi prezentat mai pe larg.**

Deosebirea între amplificator și oscilator este următoarea: la intrarea amplificatorului se aplică un semnal iar la ieșire se obține același semnal cu parametri mult mărite (tensiune, curent sau putere) pe seama surselor de tensiune continuă de alimentare. Oscilatorului [illegible] nu i se aplică nici un semnal din afară, iar semnalul de la ieșire este produs de însuși circuitul alimentat din sursele de curent continuu. Totul este ca oscilațiile produse să fie întreținute. Aceasta se realizează cu reacție pozitivă, proces prin care o parte din tensiunea de ieșire este readusă la intrare. Există două feluri de reacție: reacție pozitivă și reacție negativă. Dacă tensiunea de la ieșire este introdusă în opoziție de fază cu semnalul de la intrare $\varphi = 180°$, reacția este negativă, iar amplificarea totală a etajului este mai mică. Reacția negativă se folosește în tehnica audio unde se [illegible] o scădere a distorsiunilor și o bandă de trecere mai largă.

Dacă tensiunea adusă prin reacție la intrare este în fază cu tensiunea de la intrare $\varphi = 0$, tensiunile se însumează și amplificarea crește. Acest fenomen a fost [illegible] în radioreceptoare cu reacție [illegible] foarte [illegible] banda [illegible] frecvență [illegible].

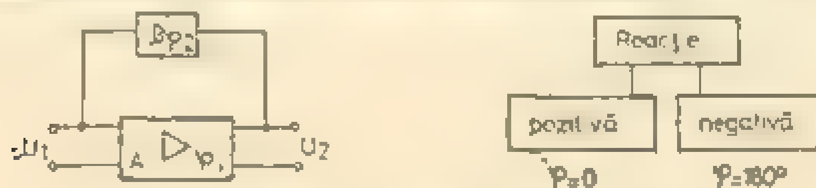



Fig. 20.2. Principiul reacției

Un amplificator cu reacție are o amplificare calculabilă cu expresia:

$$A = \frac{A_0}{1 - \beta A_0}$$

unde $A$ este amplificarea etajului cu reacție;

$\beta$ — factorul de reacție;

$A_0$ — amplificarea fără reacție.

Pentru ca $A$ să fie foarte mare trebuie ca $1 - \beta A_0$ să fie cît mai mic. Condiția de oscilație a amplificatorului cu reacție, cunoscută sub numele de relația lui Barkhausen este:

$$\beta A_0 = 1$$




Fig. 20.3. Cuplajul circuitelor de [illegible] la oscilatoarele RC.

Să presupunem că de la ieşirea unui amplificator cu factorul de amplificare $A_0$ [illegible] la intrare numai a [illegible] parte din tensiunea de ieşire să [illegible] mV [illegible]. Această tensiune va fi din nou amplificată şi va ajunge din nou la [illegible] mV. În acest fel oscilaţiile se [illegible].

[illegible] la frecvenţe joase [illegible] zeci de kHz), în [illegible] frecvenţe (sute de kHz — zeci de MHz) sau la frecvenţe foarte înalte (sute de MHz) [illegible] care realizează [illegible] RC [illegible] LC [illegible] etc.

[illegible] LC [illegible] stabilitatea frecvenţei şi amplitudinii.

[illegible] figura 20.3 [illegible] realizată [illegible] cuplaj [illegible] Meissner [illegible] Hartley [illegible] Colpits.

## 20.2.1. Oscilatorul Meissner

[illegible], dar şi în celelalte moduri de conexiune. [illegible] trebuie ca sensurile de înfăşurare ale [illegible] opuse. [illegible] de la ieşire se extrage prin condensatorul [illegible].

[illegible] de reacţie [illegible] depinde de factorul de cuplaj al bobinelor, iar frecvenţa [illegible]:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \text{sau} \quad f_0 = \frac{159}{\sqrt{LC}}$$

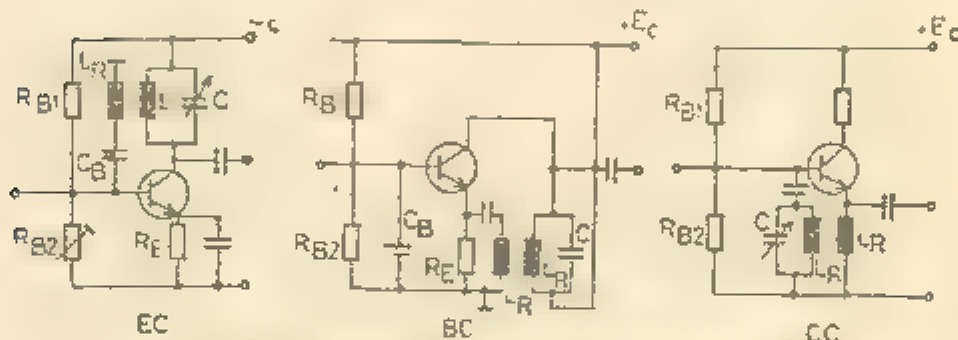



Fig. 20.4. Oscilatorul cu reacţie inductivă (Meissner).

* [illegible] M — cuplaj mutual (Meissner), H — Henry [illegible] Hartley, C — condensator (Colpits).

în cazul cînd mărimile din [illegible] se [illegible] astfel:

$$f_0[\text{MHz}] \quad L[\mu\text{H}] \quad C[\text{pF}]$$

Rezistorii $R_1$ și $R_2$ determină punctul de funcționare [illegible] amplificare al tranzistorului. R [illegible] și condensatorul din emitor stabilizează punctul de funcționare.

## 20.2.2. Oscilatoare în trei puncte

Dacă analizăm oscilatorul [illegible] observăm că putem [illegible] cuplajul mutual prin utilizarea [illegible] priză. Re[illegible] oscilator în trei puncte [illegible] se montează trei reactanțe. Cele [illegible] corespunzătoare prizei sînt de același fel iar a treia este opusă.

[illegible] cu priză inductivă este [illegible] Hartley, iar cel cu priză [illegible] Colpitts. În [illegible] cazuri trebuie ținut seama că [illegible] fazate cu 180° față de [illegible] priză. [illegible] construiesc montaje cu tranzistoare [illegible] se construiește.

Dacă la un oscilator Colpitts, [illegible] capacitățile condensatorilor $C_1$ și $C_2$ [illegible] inductanța $L$ se [illegible] o capacitate [illegible] $C$, se obține [illegible] oscilator [illegible] frecvenței.

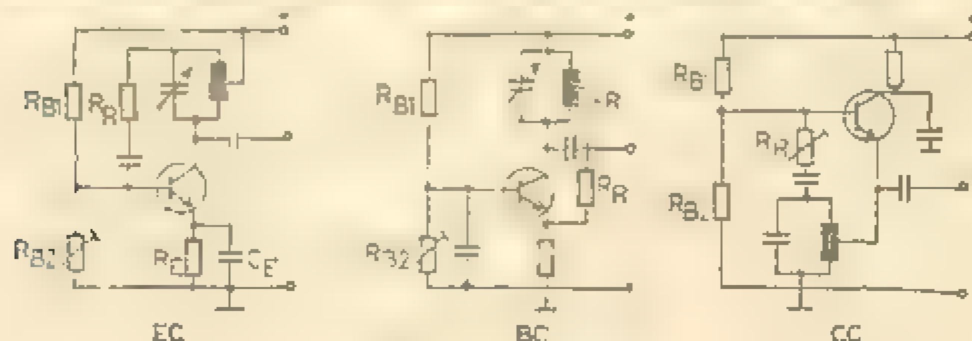



Fig. 20.5. Oscilatoare Hartley

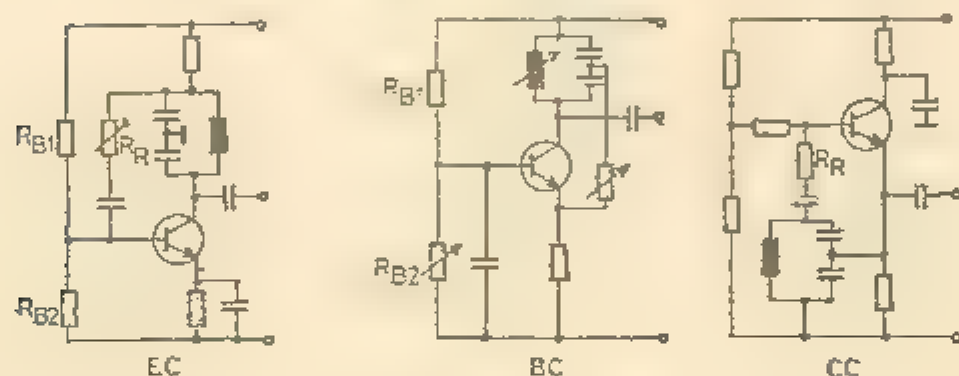



Fig. 20.6. Oscilatoare Colpitts

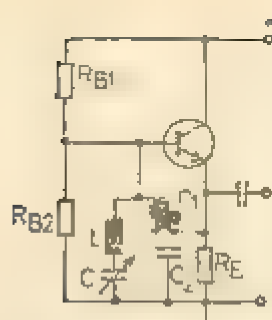



Fig. 20.7. Oscilator Clapp

Stabilitatea frecvenței oscilatorului depinde de mai mulți factori dintre care cei mai importanți sînt: variația temperaturii mediului ambiant, variația tensiunii de alimentare și influențele de natură mecanică.

Pentru obținerea unei bune stabilități față de variațiile de temperatură trebuie realizată compensarea termică a elementelor circuitului oscilant. Variația în funcție de temperatură a inductanței $L$ (coeficientul de temperatură) trebuie să fie compensată de variația în funcție de temperatură a capacității $C$.

Frecvența oscilatorului unui oscilator este influențată și de parametrii tranzistorului. Aceștia depind în mare măsură de tensiunea de polarizare și de temperatură. Pentru aceasta se vor utiliza tranzistoare cu frecvența de tranziție mult mai mare decît frecvența de lucru a oscilatorului. De asemenea se va realiza un cuplaj cît mai slab între circuitul oscilant și tranzistor. De asemenea pentru separarea cuplajului între oscilator și sarcină se montează un etaj separator.

O stabilitate mare se poate obține cel mai bine cu ajutorul cristalelor de cuarț.

## 20.3. Oscilatoare cu cuarț

[illegible] În funcție de modul de tăiere a cristalului frecvența de oscilație variază între 1 kHz și circa 20 MHz.

Există cristale care pot rezona pe armonicile impare ale modului fundamental de oscilație. Oscilatoarele în care sînt utilizate aceste cristale se numesc oscilatoare cu cristale overtone.

Din punct de vedere electric un cristal de cuarț este echivalent cu un circuit oscilant serie RLC în paralel cu capacitatea $C_0$ (figura 20.8, a). Apar două frecvențe de rezonanță: frecvența de rezonanță serie $f_s$, datorită circuitului RLC și frecvența de rezonanță derivație $f_d$ datorită capacității introdusă de armături. Aceste frecvențe diferă între ele cu circa 1%.

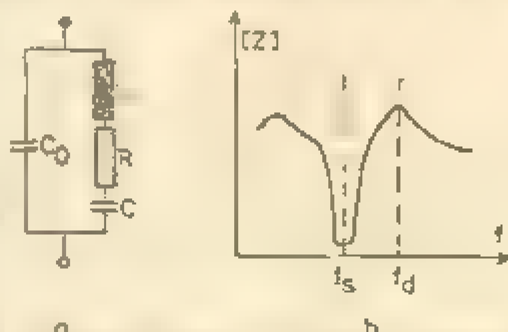



Fig. 20.8. Cristale de cuarț: a) Schema echivalentă; b) variația impedanței cu frecvența

La frecvența de rezonanță serie cristalul prezintă o impedanță foarte mică. Dacă montăm cristalul în paralel cu un element al amplificatorului, de exemplu cu rezistența de emitor la frecvența $f_s$ o va scurtcircuita și amplificarea va crește foarte mult pînă la amorsarea oscilațiilor.

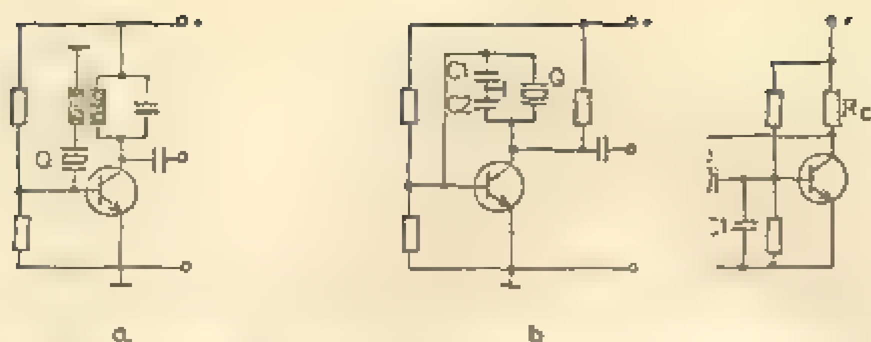



Fig. 20.9. Oscilator de cuarț: a) rezonanță serie; b) rezonanță derivație

Cristalul poate fi montat și în serie în bucla de reacție. La frecvența de rezonanță serie reactanța este atît de mică încît să nu [illegible].

Oscilatoarele cu cristal la frecvența derivație funcționează în zona de comportare inductivă a cristalului. În schema din figura 20.9. b, cristalul joacă rolul inductanței într-un oscilator Colpitts.

## 20.4. Etaje de separare

Pentru a nu se încărca oscilatorul cu o sarcină prea mare se montează la ieșirea sa etaje de separare, numite și buffer. Buffer-ul are la intrare o impedanță mare, iar la ieșire o impedanță mică. Acest lucru este foarte util mai ales în telegrafie cînd încărcarea [illegible] poate influența frecvența oscilatorului.

Tranzistorul din figură este montat CC și prezintă astfel o amplificare în tensiune mai mică decît unitatea. În schimb amplificarea în curent este foarte bună ceea ce face ca amplificarea în putere să fie mulțumitoare.

Rețineți că buffer-ul realizează adaptarea între impedanța mare de ieșire a oscilatorului și impedanța mică a unui cablu coaxial.

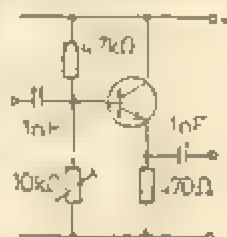



Fig. 20.10. Etaj de separare în [illegible]

## 20.5. Multiplicarea frecvenței

De multe ori este necesară o frecvență mai mare decît cea generată de oscilator. În acest scop se utilizează circuite multiplicatoare de frecvență (fig. 20.11). În principiu semnalul sinusoidal de la ieșirea unui oscilator este deformat de un element neliniar precum tranzistorul. Cînd tranzistorul funcționează în zona neliniară a caracteristicii sale, la ieșire apar numeroase frecvențe armonice. Din motive de randament nu se folosește pentru un etaj un ordin de multiplicare mai mare de trei. În plus este mai ușor de selectat o armonică de ordin mic.

Fig. 20.11. M[illegible] de frecvență

F[illegible] multiplicării de fre[illegible]

După ce [illegible] fig. 20.12 tranzistorul [illegible] numai [illegible] pozitive ale semnalului [illegible] pe bază ($f_0$). Acesta [illegible] este [illegible] rezonanța pe frecvența [illegible] de [illegible] poate fi dublă ($2f_0$). Semnalul de [illegible] este complet sinusoidal.

Acest [illegible] este [illegible] radioamatorilor. [illegible] să [illegible] între [illegible] 1,75 MHz [illegible] 3,5 MHz (80 m), 7 MHz [illegible] MHz [illegible]. De asemenea [illegible] 7 MHz [illegible], 21 MHz [illegible] 1,75 MHz, vom folosi patru dublări și o triplare.

## Întrebări recapitulative

1. Ce este un amplificator selectiv?
2. Care sînt oscilatoarele LC principale?
3. [illegible] Meissner.
4. [illegible] LC?
5. Desenați schema unui oscilator Clapp.
6. Comparați un oscilator LC și un oscilator cu cuarț.
7. Desenați schema unui oscilator cu cuarț.
8. Ce este un buffer?
9. Cum funcționează un multiplicator de frecvență?

## *Răspunsuri*

1. [illegible] un circuit rezonant. Lucrează pe o bandă îngustă.
2. [illegible] oscilatoare LC sînt: Meissner, Colpitts și Hartley.
3. Vezi fig. nr. 20.4.
4. Vezi fig. nr. 20.6.
5. Vezi fig. nr. 20.[illegible]
6. Avantajul stabilități frecvenței. Dezavantajul acordului în limite largi.
7. Vezi fig. nr. 20.8.
8. [illegible] oscilatorul de etajele următoare.
9. [illegible] nebimar. Frecvențele armonice sînt [illegible] acordat corespunzător.

Capitolul 21

# Amplificatoare finale de radiofrecvență

Într-un emițător [illegible] semnalul este [illegible] de [illegible] separator și apoi de [illegible] sau multiplicatorul de frecvență [illegible] realizează [illegible] a [illegible] semnalul de radiofrecvență [illegible] amplificat [illegible] de putere. Acesta se mai numește amplificator final [illegible] semnalului până la cea care trebuie [illegible] realizează de regulă și adaptarea la impedanța [illegible] antenei.

Amplificatoarele de radiofrecvență pot [illegible] de [illegible] clase de funcționare. Clasele de funcționare A, B și C [illegible] în care se situează punctul de funcționare pe [illegible] amplificator, tub electronic sau tranzistor.

Funcționarea în clasă A [illegible] punctul de funcționare se află [illegible] porțiunea liniară a caracteristicii. La funcționarea în clasă B punctul de funcționare se află pe [illegible] inferior al caracteristicii tubului sau tranzistorului, astfel că fără un semnal la intrare [illegible] curentul [illegible] de colector [illegible] cât [illegible] comandat [illegible] semnal [illegible] Acest ultim mod de funcționare este preferat pentru amplificatoarele finale ale emițătoarelor care [illegible] în [illegible] de frecvență, mai [illegible] randamentului [illegible] C [illegible] mare amplificare în putere se obține cu etaje în montaj EC. [illegible] circuitul de colector un circuit rezonant [illegible] banda de frecvențe este largă [illegible] după amplificatorul este de [illegible] largă, rezistența [illegible] aleasă de valoare cât mai mică pentru a se realiza adaptarea [illegible] a antenei. Se poate folosi și un transformator de cuplaj, pe un [illegible]

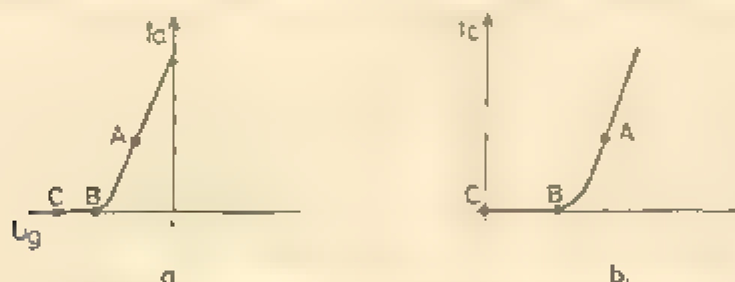



Fig. 21.1. Pozițiile [illegible] A, B, C [illegible] a [illegible] b [illegible] tranzistor

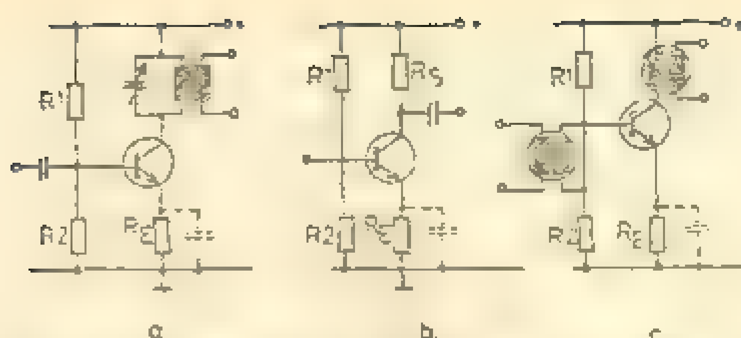



Fig. 21.2. [illegible] de radiofrecvență: a — [illegible] acordat [illegible]; c — [illegible] de bandă largă cu [illegible] pe transformator

De[illegible] amplificator are dezavantaje[illegible] frecvență [illegible] rezultă [illegible] acordat pe [illegible] frecvența, situație ce apare des[illegible] în trafic, trebui[illegible] de sarcină. Amplificatorul cu sarcină rezistivă [illegible] de bandă largă, [illegible] amplificarea [illegible] se [illegible] de adaptare pe care le oferă.

[illegible] probl[illegible] a.

## 21.1. Bilanțul puterilor într-un amplificator RF.

[illegible] RF [illegible] de [illegible] ca și la motoare, despre randament.

### 21.1.1. Randamentul

*[illegible] puterea [illegible] și puterea de curent continuu absorbită*

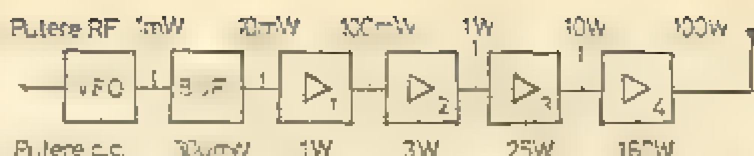
$$\eta = \frac{P_{RF}}{P_{cc}}$$

$P_{RF}$ — puterea de radiofrecvență [illegible]

$P_{cc}$ — puterea în curent continuu consumată

Randamentul se exprimă în procente.

Fig. 21.3. Bilanțul de [illegible]




Să calculăm randamentul emițătorului din fig. 21.3 [illegible] radiofrecvență și obținem 10 W

$$\eta = \frac{P}{P} = \frac{P_{[illegible]}}{P_{[illegible]}} = \frac{10\ W}{[illegible]} = [illegible]$$

[illegible] Calculând randamentul etajului final obținem 60%. Totuși unde este restul?

### 21.1.2. Puterea disipată

[illegible] furnizată la ieșire

$$P = P_{cc} - P_{RF}$$

[illegible] avem formula

$$P = U_a I_a \quad \text{sau} \quad P = U_c I_{c0}$$

[illegible] și $I_c$ [illegible] de colector.

### 21.1.3. Puterea de ieșire

[illegible] formula

$$P_e = \frac{U^2}{R}$$

$U$ — valoarea efectivă a tensiunii de RF
$R$ — Rezistența antenei artificiale

### 21.1.4. Rezistența de radiație a căldurii

Puterea disipată pe anod sau pe colector este [illegible]

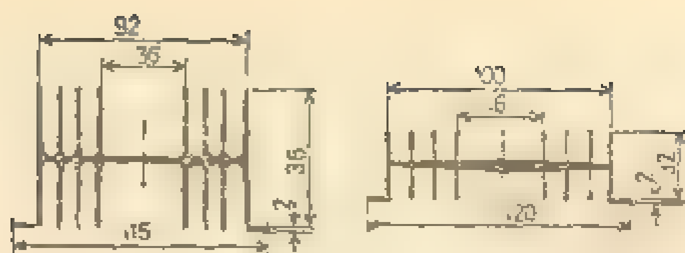



Fig. 21.4. Radiatoare

Tra[illegible] 150 °C. [illegible] suprafața lor [illegible] rezis[illegible] [illegible] pe [illegible] radiatoare [illegible] transmisă de radiator [illegible] pe radiatorul a [illegible]

În [illegible] cantitate de [illegible] care este cedată aerului [illegible] 20 [illegible] $R_{th}$ [illegible] $R_{th}$ [illegible] $R_{th}$ [illegible] temperatura de pe [illegible] temperaturii [illegible] $\theta_j - \theta_a$ și puterea totală disipată prin căldură, $P_{tot}$.

$$R_{th} = \frac{\theta_j - \theta_a}{P_{tot}}$$

Rezistența [illegible] se [illegible] grade Celsius pe W [illegible] $\frac{°C}{W}$.

[illegible] să fie cît mai mică.

## 21.2. Amplificatorul final al emițătorului

Amplificatorul final al emițătorului are rolul de a produce un semnal de [illegible] putere [illegible] prin antenă în [illegible] cît mai [illegible] energia se [illegible] pe [illegible] final. De aceea acesta nu va funcționa [illegible] în clasă A [illegible] aceasta nedepășind [illegible]. [illegible] în acest regim, semnalul nu este [illegible] aproape de loc.

În montajele cu tuburi electronice se folosește regimul de funcționare AB. [illegible] cele două zone de [illegible] A și B de pe caracteristica de [illegible] a tubului electronic [illegible] nu există curent de grilă. Dacă semnalul de comandă ar fi mai mare decît tensiunea de negativare a grilei, grila ar deveni la un moment dat pozitivă și ar atrage electronii negativi. În felul acesta ar apare un curent de grilă care ar micșora rezistența de intrare a amplificatorului, iar semnalul de comandă ar fi distorsionat.

Pentru a preîntîmpina o astfel de situație se [illegible] al nivelului (RAN) în etajul ampl[illegible] [illegible]final. Dacă apare un [illegible] de grilă, se produce o tensiune negativă care mută punctul de funcționare a amplificatorului final și în acest fel [illegible] micșorează ampli-ficarea etajului preamplificator.

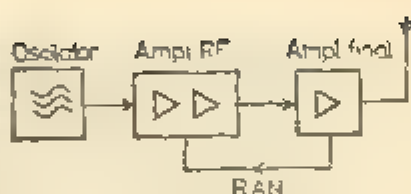



Fig. 21.5. Reglajul automat al nivelului

Pentru emițătoarele telegrafice (CW) și cele modulate în frecvență se utilizează etaje [illegible] C. Randamentul [illegible] etaje este [illegible] pe timpul semnalului [illegible] să refacă forma sinusoidală a semnalului.

## 21.3. Scheme de amplificatoare finale de RF cu tuburi

A[illegible] cu catodul [illegible] triode.

În ca[illegible] de comandă [illegible] valori. Mo[illegible] pentru [illegible] 21.6[illegible] tubul în [illegible] de antenă.

Montajul cu grila la masă [illegible] triode [illegible] amplificare în putere prea mare dar prezintă avantajul că este stabil la frecvențe înalte. În felul acesta sînt [illegible] cuplajele parazite. Acest montaj se utilizează la [illegible] de putere [illegible] dar trebuie

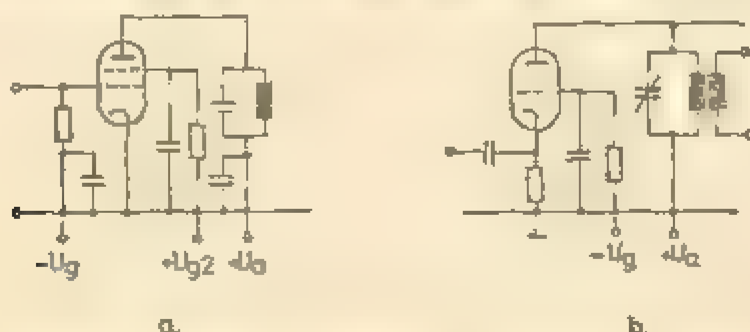



Fig. 21.6. Amplificatoare [illegible] RF: a – cu catodul la masă;
b – cu grila la la masă

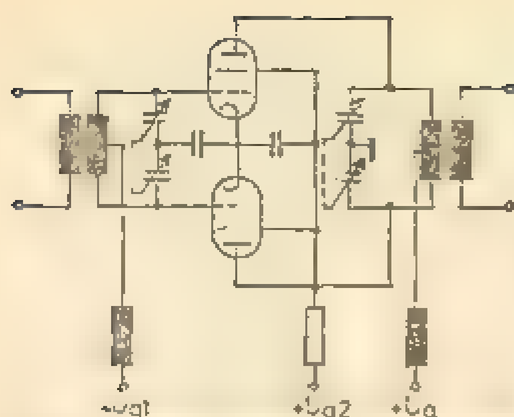



Fig. 21.7. Amp[illegible] RF [illegible] în contratimp.

comandate cu puteri relativ mari de aproximativ 1/10 din puterea finală.

În banda de unde ultrascurte se utilizează amplificatoare finale în contratimp. Semnalul se introduce la intrare printr-un transformator cu priză mediană în secundar. La priză se aplică tensiunea de polarizare a grilelor ambelor tuburi. Semnalele de comandă se aplică în antifază ceea ce înseamnă că, atunci cînd pe o grilă ajunge o alternanță pozitivă pe cealaltă [illegible] va fi negativă. [illegible]

## 21.4. Amplificatoare finale de radiofrecvență cu tranzistoare

[illegible]

[illegible]

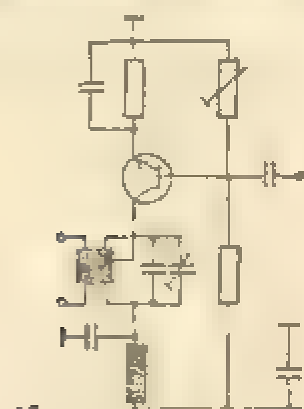


Fig. 21.8. Amplificator final cu tranzistor

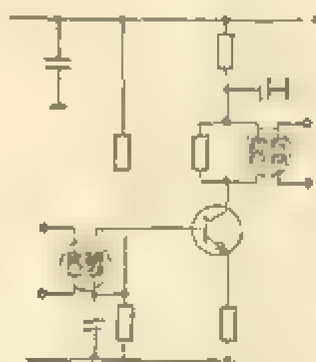


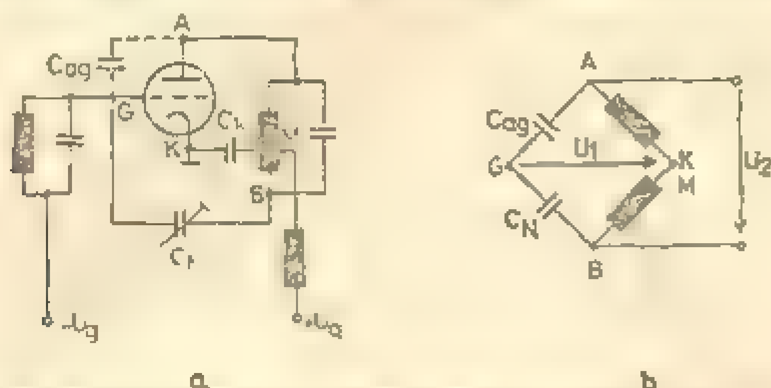
Fig. 21.9. Amplificator de putere cu bandă largă 3—30 MHz

## 21.5. Atenuarea radiațiilor parazite ale unui emițător

[illegible]

## 21.5.1. Neutralizarea oscilațiilor parazite

În general un emițător poate fi considerat un amplificator cu un factor de amplificare foarte mare. De aceea este [illegible] foarte ușor [illegible] care introduc reacții ce provoacă oscilații parazite chiar [illegible] [illegible] Aceste [illegible] parazite [illegible] apare sub forma unor benzi [illegible] dar [illegible] în benzi [illegible].



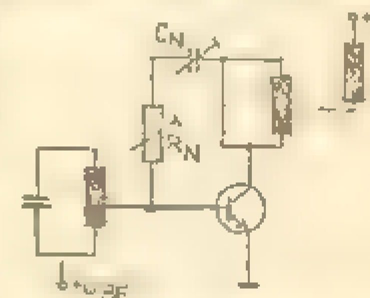

[illegible]

[illegible] se [illegible] corespunzătoare, etc.

[illegible] se [illegible] la masă cu condensatorul $C_g$. (fig. 21.1 [illegible]

[illegible] este dat schema echivalentă a tubului electronic neutralizat. Dacă [illegible] și catod nu apare nici o tensiune $U_1$. Pentru a [illegible] condensatorul $C_N$ trebuie să fie reglabil.

Amplificatoarele finale tranzistorizate au [illegible] 21.[illegible]




[illegible] tranzistoriz[illegible]

## 21.5.2 Filtre

În [illegible] sau a [illegible] de RF [illegible] este un [illegible] mare [illegible] antenă, așa numitul filtru în π.

Acest filtru este un circuit rezonant cu două condensatoare. Cele două condensatoare fac adaptarea impedanţei de ieşire a etajului final la impedanţa cablului. Dacă adaptarea este bine realizată, filtrul va efectua un transfer maxim de putere, cu alte cuvinte un transfer de putere fără pierderi. Deci $P_1 = P_2$. Trebuie să deducem relaţia de calcul a elementelor filtrului.



Fig. 21.12. Filtru în π

$$P_1 = P_2 \quad \frac{U_1^2}{R_1} = \frac{U_2^2}{R_2} \quad \left(\frac{U_1}{U_2}\right)^2 = \frac{R_1}{R_2} \quad \frac{U_1}{U_2} = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}$$

Dar raportul tensiunilor este egal şi cu raportul reactanţelor capacitive.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{X_1}{X_2} = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}; \quad \frac{1}{\omega C_1} \cdot \frac{\omega C_2}{1} = \frac{R_1}{R_2}; \quad \frac{C_2}{C_1} = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}$$

Condensatoarele reprezintă reactanţe în curent alternativ. Cu cît un condensator este mai mare cu atît reactanţa sa este mai mică. Din formula de mai sus deducem că la antenă trebuie montat un condensator cu atît mai mare cu cît rezistenţa de la baza antenei este mai mică, iar condensatorul $C_1$ trebuie să aibă o valoare cu atît mai mică cu cît impedanţa de ieşire a tubului electronic din etajul final este mai mare.

*Exemplu.* Tensiunea anodică a tubului electronic din etajul final al unui emiţător este de 750 V iar curentul anodic de 250 mA. Pentru adaptarea la rezistenţa de la baza antenei de 75 Ω se foloseşte un filtru în π. Care va fi raportul dintre capacităţile acestui filtru?

$$R_1 = \frac{U_a}{I_a} = \frac{750\ V}{250\ mA} = 3\ k\Omega \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{3\ k\Omega}{75\ \Omega} = 40 \quad \frac{C_2}{C_1} = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} = \sqrt{40} = 6.3$$

Deci condensatorul dinspre antenă trebuie să fie de aproximativ 6 ori mai mare decît cel dinspre emiţător.

Pentru a realiza o atenuare eficientă a frecvenţelor armonice trebuie ca circuitul de sarcină să aibă un factor de calitate foarte bun, dar capacităţile condensatoarelor nu trebuie să fie prea mari pentru a nu favoriza trecerea frecvenţelor foarte înalte. În practică acest factor de calitate este cuprins între 10 şi 15.

Calculul întregului filtru depăşeşte nivelul acestei cărţi. Vom aminti doar că inductanţa bobinei filtrului se alege aproximativ [illegible] μH şi se construieşte cu prize.

## Test

1. Trasaţi curbele caracteristice de comandă a unui tub sau tranzistor şi marcaţi zonele de funcţionare în clasa A, B, şi C.
2. Ce se înţelege prin puterea disipată pe colectorul unui tranzistor?
3. Cum se realizează răcirea tuburilor sau tranzistorilor din amplificatoarele RF finale?
4. Desenaţi schema unui amplificator RF final cu grila la masă.
5. Care sînt cauzele pentru care un amplificator de RF poate oscila?
6. Care sînt mijloacele prin care se pot elimina armonicele apărute într-un etaj final al unui emiţător?

Desenaţi schema unui amplificator liniar de RF [illegible] final în benzile de supraunde a televiziunii [illegible] din benzile de [illegible] precum şi în UUS.

8. [illegible] lucrează cu [illegible]:

$$U_a = 2000\ V;\ I_a = 450\ mA;\ P_u = 600\ W$$

Să se calculeze puterea disipată şi randamentul.

9. [illegible] de [illegible] V [illegible] curent [illegible] de 200 mA [illegible] la [illegible] de 150 W.

a. [illegible] puterea la [illegible]

b. Care este puterea disipată pe anod?

c. Să se calculeze randamentul

d. Să se calculeze impedanţa de ieşire a tubului electronic.

e. [illegible]

*Răspunsuri*

1. Figura nr. 21.1.
2. Puterea disipată pe [illegible] [illegible]. Această putere [illegible] nu trebuie să fie depăşită.

[illegible] în mediul înconjurător.

[illegible] Figura nr. 21.6 b.

[illegible] numai din punctul de vedere al constructorului.

[illegible]

7. Figura nr. 21.10 şi 21.12.

[illegible]

8. $P = 2000\ V \cdot 0{,}45\ A = 900\ W$

Puterea disipată $P_d = 900 - 600 = 300\ W$

Randamentul $\eta = \frac{600\ W}{900\ W} = 0{,}67 = 67\%$

9. $P = 200\ W$

| | |
|---|---|
| Puterea disipată pe anod | 50 W |
| Randamentul | 75 % |
| Impedanţa de ieşire | 5 kΩ |
| Raportul capacităţilor | $C_2/C_1 = 10$ |

## Test recapitulativ

1. [illegible]

[illegible]

3. [illegible] frecvenţe nu este [illegible] MF care lucrează în banda de 144 MHz?

a. 8 MHz c. 10 MHz
b. 9 MHz d. 12 MHz

4. Planul de frecvenţe al unui emiţător MF este: 16-48-144

[illegible] cu o deviaţie de 300 Hz?

5. Desenați schema unui oscilator Hartley EC.
6. [illegible]
[illegible] ment?
[illegible]

*Răspunsuri*

1. [illegible]
[illegible] vența cea mai înaltă a acestuia.
3. c. 10 MHz nu este un divizor al numărului 144.
4. [illegible] Deviația $f = 9 \cdot 0{,}3$ kHz $= 2{,}7$ kHz
5. Vezi fig. 20.5
6. Vezi fig. 20.6
7. [illegible]
8. $P = 800$ V $\cdot 0{,}25$ A $= 200$ W
$P = \eta \cdot P = 0{,}$ [illegible] $\cdot 200 = 100$ W

Capitolul 22

# Detecția

Pentru a înțelege [illegible] radioemițător a[illegible] expli[illegible] principiile [illegible] și ele[illegible] [illegible]toare. De data aceasta, pentru a înțelege cum funcționează [illegible] receptoarele trebuie să explicăm detecția semnalelor modulate [illegible], după care să trecem la schemele radioreceptoarelor.

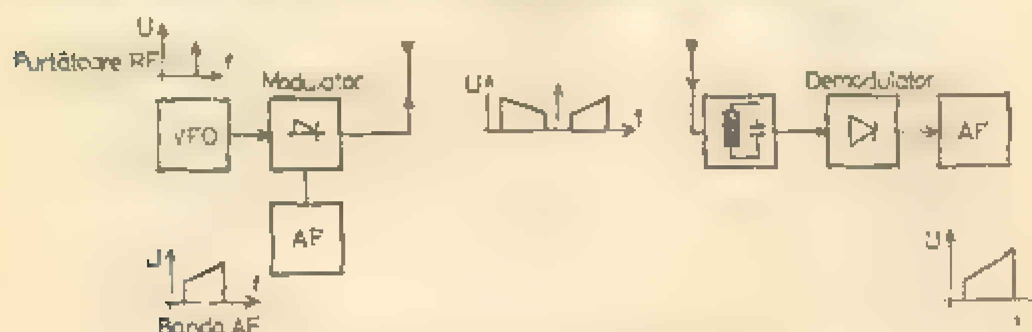



Fig. 22.1. Lanțul de radiocomunicație

La [illegible] conținută în semnalul audio [illegible] transmisă prin mediu [illegible] pentru a fi [illegible] etc. Din [illegible] [illegible] [illegible] detector [illegible]

## 22.1. Detecția semnalelor MA

După cum ne amintim din capitolul despre modularea semnalului de radiofrecvență [illegible] semnalul modulat [illegible] Varianta [illegible] descrie înfășurătoarea care conține informația transmisă. Pentru [illegible] (fig.22.2). Dioda lasă să treacă curentul într-un singur sens și la ieșire se obține un semnal de radiofrecvență asi-




Fig. 22.2. Schema unui detector MA

[illegible]

nu am mai obține semnal audio.

[illegible]

du-se semnalul pur de audiofrecvență.

[illegible]

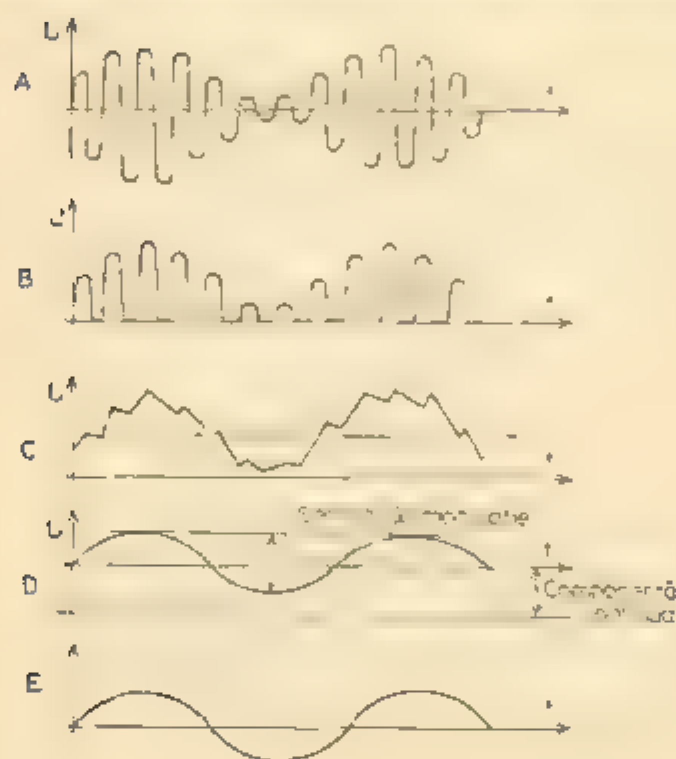
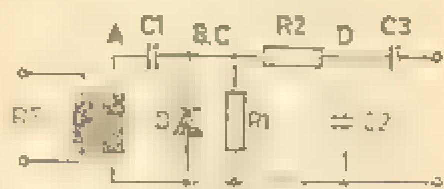



Fig. 3. Diagrama de semnal a procesului de demodulare MA

În figura 22.4 ... 

... bobine se caută cuplajul optim.




... Detector MA cu diodă în paralel

... lui, în timp ce pe cele negative le blochează.

... aria de utilizare ...

## Detectorul cu reacție

...

Dacă punctul de funcționare ... peste semnal ... pozitive ... Deci se apar ... semnalului ... tul de funcționare al ... (B) ...

...

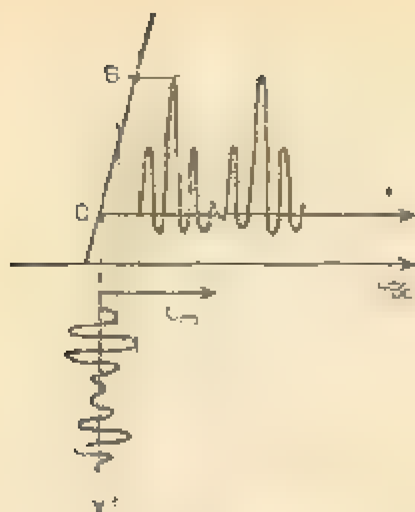
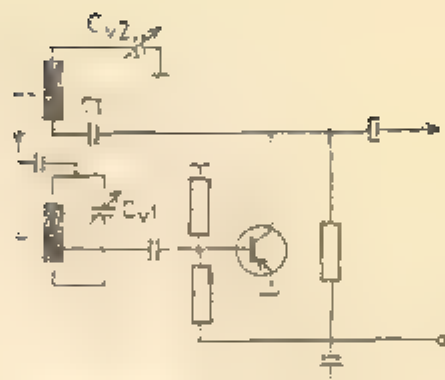
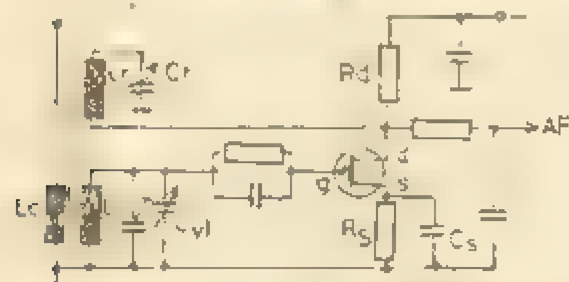



Fig. 22.6 [illegible] de semnal a detectorului cu reacție




[illegible]. Detector cu reacție

[illegible]




[illegible]

Un astfel de radioreceptor se bazează, de fapt, pe una din schemele clasice de oscilator. Examinînd schema din fig. 22.7, observăm că se aseamănă cu schema oscilatorului cu cuplaj inductiv. Particularitatea constă în faptul că reacția se reglează cu ajutorul condensatorului variabil $C_{v1}$. Alăturat mai dăm și [illegible] echipat cu un tranzistor cu efect [illegible] $L_r$ din circuitul de drenă.

## 22.2 Demodularea semnalelor MA cu purtătoare suprimată

[illegible] MA [illegible] În acest [illegible] este suprimată [illegible] De aceea

este necesară [illegible]

[illegible]

În [illegible] este [illegible]

[illegible]

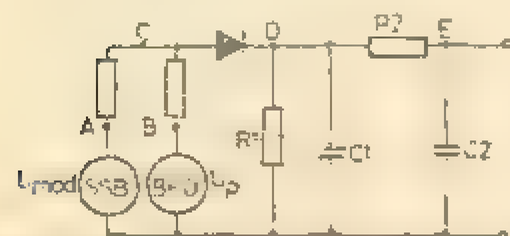
[illegible] BFO [illegible]

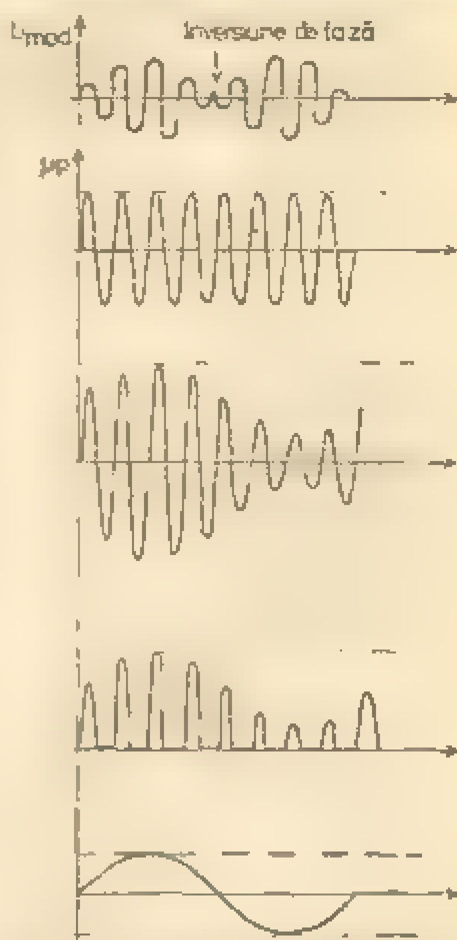
cu purtătoarea redusă care servește ca [illegible]

[illegible] ceptor pentru recepția semnalelor telegrafice. Oscilatorul auxiliar se acordă cu 1 kHz mai sus decît purtătoarea semnalului telegrafic, se amestecă pe dioda demodulatorului și la ieșirea acestuia apar suma și diferența acestor frecvențe. Diferența fiind 1 kHz se va auzi un sunet întrerupt în ritmul codului Morse.

Receptoarele simple folosesc numai un detector AM combinat cu un BFO. Semnalul dat de BFO se cuplează cu un condensator de valoare mică la dioda demodulatorului AM.

Din păcate reglajul frecvenței și mai ales amplitudinea sînt foarte critice. Amplitudinea semnalului dat de BFO trebuie să fie mai mare decît a [illegible]




[illegible]

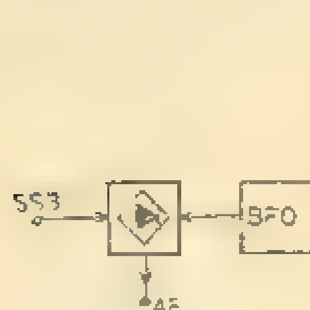
## 22.3. Detectorul de produs

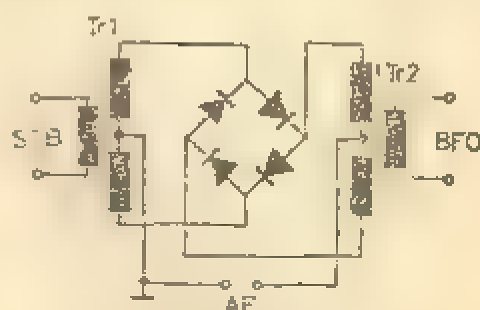
Detectorul de produs [illegible] semnalelor MA [illegible] laterală [illegible] SSB [illegible]

[illegible]

[illegible] BFO [illegible] kHz la care [illegible] 1 kHz. În detectorul de [illegible]

[illegible] semnal cu frecvența [illegible] de BFO. La ieșire rezultă [illegible] și [illegible]. Un filtru trece jos lasă să treacă numai frecvența audio (1kHz).



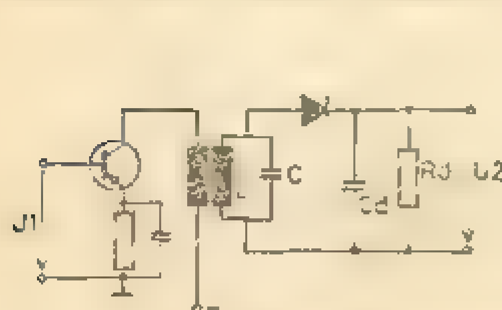

[illegible] Schema bloc [illegible]

Fig. 22.12. Detector de produs

Un astfel de detector [illegible] în fig. 22.12 [illegible]

## 22.4. Detecția semnalelor MF

[illegible]



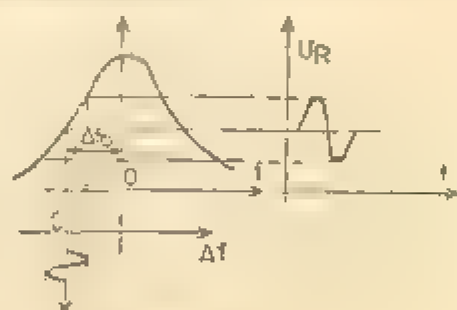




Fig. 22.13. [illegible] cu circuit dezacordat.

Pentru a [illegible] [illegible] amplitudine ale unei tensiuni.

În [illegible]

În [illegible]

În [illegible] $U_{R1}$ și $U_{R2}$.

[illegible] a grupului $C_0R_1R_2$. Dar [illegible] de frecvență.

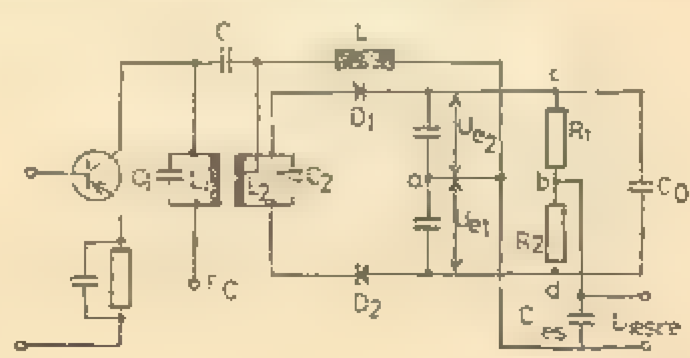



Fig. 22.14 Schema detectorului de raport

C

B

[illegible] ale tensuni-
[illegible]

[illegible]

menului de radioamator.

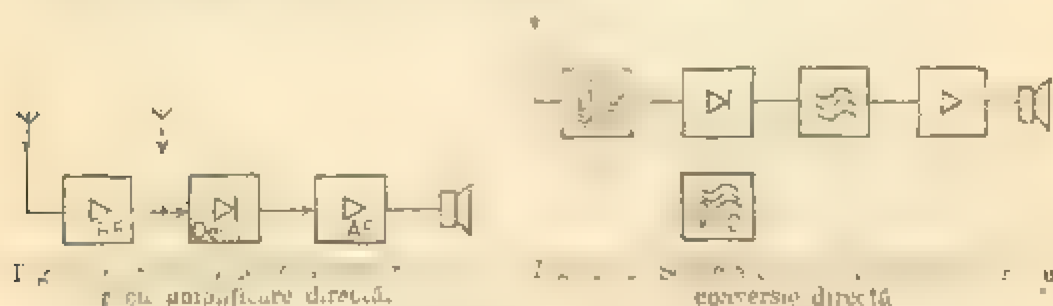
Capitolul 23

# Radioreceptoare. Scheme bloc

[illegible]

## 23.1. Radioreceptorul cu amplificare directă

[illegible] tivitatea receptorului ar fi foarte slabă.



[illegible] cu amplificare directă.

[illegible] conversie directă

[illegible] pentru radioamatorii începători.

[illegible]

[illegible] receptoare cu amplificare directă.

[illegible]

Fig. 21.3. Receptor cu reacţie

[illegible] lor atinge valori de ordinul sutelor de m[illegible] Acest receptor este destinat mai ales pentru unde ultrascurte.

[illegible]

[illegible] prima încercare.

[illegible] dispare, rămînînd numai semnalul recepţat.

## 23.1.1 Radioreceptoare cu conversie directă [illegible]

[illegible] ponentelor electronice.

[illegible] a emisiunilor cu bandă laterală unică (BLU).

[illegible]

[illegible] numai în audio frecvență.

[illegible] care mică într-o bandă de trecere îngustă.

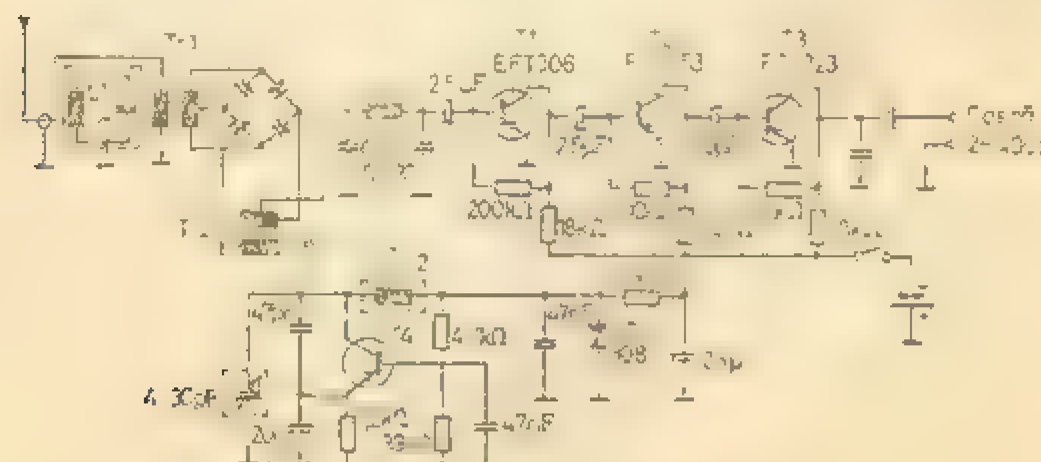



Fig. 23.5. Receptor cu conversie directă

În figura 23.5 [illegible] un exemplu [illegible] de recep[illegible] Circuitul [illegible]

[illegible]

[illegible] Bobina $L_1$ [illegible] mm. Priza de antenă la bobina $L_1$ [illegible] spira 2 [illegible] bobina $L_2$ în mijloc.

Bobina $L_3$ este confecționată pe [illegible] de [illegible] sîrmă de 0,1 mm și are cca 300 de spire.

Transformatoarele $RT1$ și $RT2$ [illegible] Numărul de spire [illegible]

Regimul tranzistoarelor [illegible] se reglează [illegible] rezistentelor dintre baza [illegible] tranzistorului $T_1$ [illegible] $T_2$ și $T_3$ [illegible] $L_2$.

## 2. [illegible] Radioreceptorul superheterodină

[illegible] mai răspîndit în întreaga lume.

[illegible]

[illegible] mixer, [illegible] se [illegible] $f_0$ [illegible]

[illegible] recepția în sine este mai stabilă.

Principiul de funcționare [illegible] receptorului superheterodină [illegible]

[illegible] $f_s$ [illegible] $f_0$ [illegible]

Fig. 23.6. Schema bloc a unui [illegible] superheterodină

și alte frecvențe noi care reprezintă suma și diferența frecvenței semnalului $f_s$ și oscilatorului $f_0$ precum și armonicile acestora cu sumele și diferențele lor.

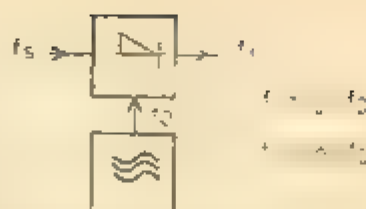



Fig. [illegible] Principiul schimbării de frecvență

Tr[illegible] [illegible]ențiat că aceste armonici, sume sau diferențe de armonici, sînt produse de mixer și nicidecum nu există în semnalul captat din antenă. De foarte multe ori se face această confuzie și din această cauză [illegible] radiații parazite prea puternice.

[illegible]

[illegible] tru ușurința calculelor $f_i = 455$ kHz.

| $f_s$ | $f_i$ | $f_o$ |
|---|---|---|
| 3 600 | 455 | 4 055 |
| 7 000 | 455 | 7 455 |
| 14 200 | [illegible] | [illegible] |
| 21 [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 28 [illegible] | [illegible] | [illegible] |

$$f_o - f_s = f_i$$

[illegible]

| $f_{s1}$ | $f_o$ | $f_{s2}$ | $f_i$ | $f_o - f_{s1}$<br>$= f_{s2} - f_o$ |
|---|---|---|---|---|
| [illegible] | [illegible] | 4 510 | [illegible] | |
| [illegible] | [illegible] | 7 910 | [illegible] | |
| [illegible] | [illegible] | 15 110 | [illegible] | |
| [illegible] | [illegible] | 22 210 | [illegible] | |
| [illegible] | [illegible] | 29 410 | [illegible] | |




Fig. [illegible]

[illegible] diferă cu [illegible] kHz față de frecvența de intrare $f_{s1}$.

[illegible] frecvența sa [illegible] tronat.

[illegible] MHz frecvența [illegible] față de frecvența de recep[illegible] [illegible] 22 % din [illegible] banda de 2[illegible] MHz a este foa[illegible] kHz [illegible] din [illegible] kHz), iar un [illegible] separar[illegible] perturbații serioase.

[illegible] se utilizează frecvenţ[illegible] mai ridicată, de exemplu 5 500 kHz.

P[illegible] se calculează cu formula

$$f_{im} = f_s + 2f_i$$

[illegible] oscilatorului local [illegible] semnalului recepţionat şi

$$f_{im} = f_s - 2f_i$$

în cazul cînd frecvenţa oscilatorului local este situată sub frecvenţa semnalului recepţionat.

*[illegible]*



[illegible]

$$B = \frac{f_i}{Q}$$

şi [illegible]

[illegible] cu un $Q =$ [illegible] 10,7 MHz

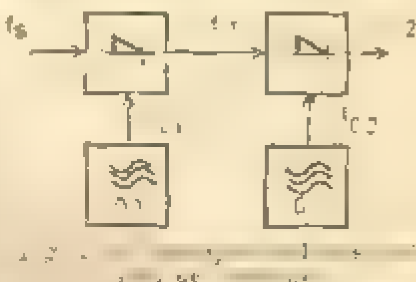
$$B_1 = \text{[illegible]} \qquad B_2 = \frac{5\,500}{50} = 110 \text{ kHz}$$

$$B_3 = \frac{\text{[illegible]}}{5\text{[illegible]}} = 214 \text{ kHz}$$

[illegible] nevoie de o bandă de [illegible] SSB şi [illegible] 4 kHz [illegible] telegrafie. La receptoarele [illegible] frecvenţ[illegible] 455 kHz această selectivitate se [illegible] de bandă. În receptoarele de trafic [illegible] este nevoie de filtre cu cuarţ.

## 2[illegible].3. Receptorul cu dublă schimbare de frecvență.

Acest re[illegible] care [illegible] Pentru [illegible] este foarte [illegible] a doua frecvență intermediară este joasă.



Și în cazul acestui receptor există mai multe principii de funcționare [illegible] mul oscilator era un VFO (variable frequency oscillator). Prima frecvență intermediară era în jur de 4 MHz, iar la schimbarea benzii trebuia comutat și oscilatorul. Com[illegible] de bună a frecvenței. Cu un al doilea [illegible] de frecvență la cca 450 kHz.

[illegible]

*Rezolvare*

$f_{o1} = 7{,}0\ \text{MHz} + 4{,}5\ \text{MHz} = 11{,}5\ \text{MHz}$

$f_{o2} = 4{,}5\ \text{MHz} + 465\ \text{kHz} = 4{,}965\ \text{MHz}$

$f_{im} = 7{,}0\ \text{MHz} + 2 \cdot 4{,}5\ \text{MHz} = 16\ \text{MHz}$

[illegible] kHz [illegible] MHz [illegible] cu cuarț.

[illegible] VFO [illegible] rile de intermodulație.

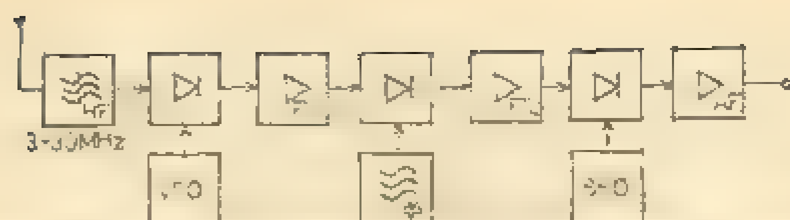
[illegible] de frecvență [illegible] intermediară.

[illegible] MHz.

$$f_{im} = f_0 + 2\,fi$$

$$f_{im} = [illegible] + 100 = 103\ \text{MHz}$$

$$f_{im} = [illegible] + 100 = 130\ \text{MHz}$$




[illegible]

[illegible]

[illegible]

## 23.[illegible] Radioreceptor de trafic cu buclă PLL

[illegible] în pași de frecvență de 100 Hz, chiar 10 Hz.

[illegible] simplificat.

[illegible]

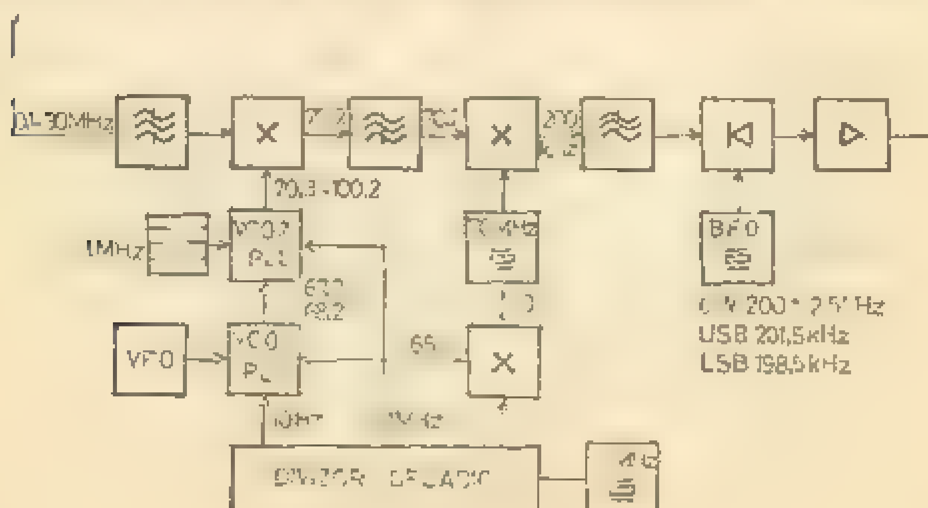



Fig. 23.11. Schema unui receptor de trafic cu buclă PLL.

pași de 10 MHz, iar VCO 2 în pași de [illegible] Hz. Să presupunem că vom recepționa un semnal de 14 MHz. VCO 2 se acordă pe [illegible] − 14 = 84,2 MHz. [illegible] torul controlat [illegible] se acordă pe [illegible] 2 MHz, iar VCO 2 va rămîne pe [illegible]

Dacă vrem să recepționăm [illegible] MHz, VCO 2 = [illegible] VCO [illegible] = 67,350 și VFO = 2,350 MHz.

## 23.5. Perturbații radio

[illegible] la receptorul [illegible] cu un factor de calitate foarte bun.

[illegible] nedorit și astfel acoperă semnalul util.

[illegible] dificilă manipularea aparatului.

[illegible]

[illegible] frecvențe [illegible] și separă [illegible]

În etajul [illegible] Interferențele pot apare atunci cînd diferența dintre frecvența oscilatorului local sau a unei armonice și frecvența unui semnal util sau nu devine aproximativ egală cu frecvența intermediară.

[illegible] recepție.

[illegible] dintre [illegible] între 7000 și 7010 kHz.

Test

1. Ce este o superheterodină? [illegible]

[illegible] tor superheterodină [illegible]

[illegible] pe frecvențe superioare celor recepționate [illegible]

5. Ce se înțelege prin frecvență imagine?

6. Ce se înțelege prin intermodulație?

*Răspunsuri*

1. Un radioreceptor [illegible]

2. Deoarece nu are un etaj schimbător de frecvență, receptorul cu amplificare directă [illegible]

[illegible] al mai multor circuite selective.

3. $f_{im} = f_s + 2f_i$

$$f_{im} = 3600 + 2 \cdot 2100 = 3600 + 4200 = 7800 \text{ kHz}$$

4. [illegible] atenuare față de [illegible] obținerii unei bune selectivități.

5. Frecvența [illegible]

6. [illegible] tor, semnalul util va fi simultan modulat și distorsionat cu frecvențele de modulație ale semnalului perturbator.

# Etajele radioreceptorului

[illegible] traficul de radiocomunicații.



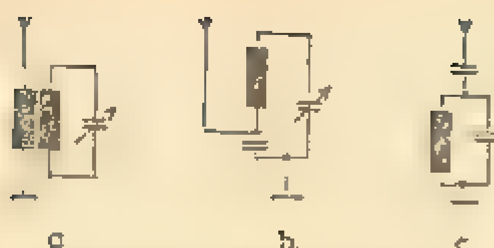

Fig. 24.1. Schema bloc a unui receptor cu dublă schimbare de frecvență pentru SSB

[illegible]

## 24.1. Circuitele de intrare

[illegible]

[illegible] o reacordare a circuitului oscilant.




[illegible]

Sensibilitatea unui radioreceptor pe unde scurte este dată de tensiunea de intrare care produce la ieşire o in- [illegible] puternică decît zgomotul. De regulă, un mixer produce un zgomot relativ ridicat, zgomot care este amplificat de [illegible] torului se îmbunătăţeşte.

[illegible]

[illegible] este destul de depărtată.

[illegible]

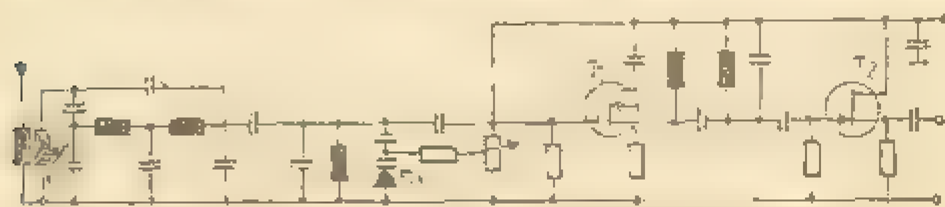
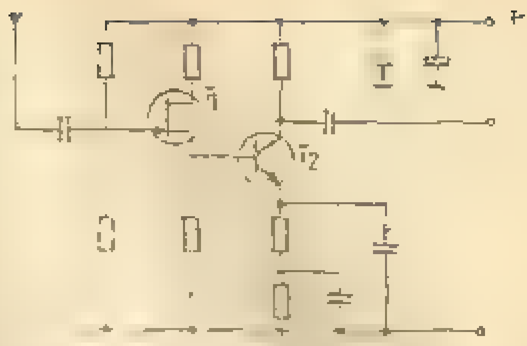


Fig. 24.3. Preamplificator de radiofrecvenţă cu TEC.

vența dorită cu ajutorul unei tensiuni reglabile care comandă o diodă varicap $D_1$.

Preamplificarea este realizată de tranzistorul cu efect de cîmp $T_1$ care are la ieșire un filtru de bandă. Tranzistorul $T_2$ are rolul de transformator de impedanță.

În figura 24.4 este dată schema unui amplificator RF de bandă largă pentru receptoare cu antenă scurtă (mai puțin de 1 m). Tranzistorul $T_1$ este un TEC în circuit [illegible]



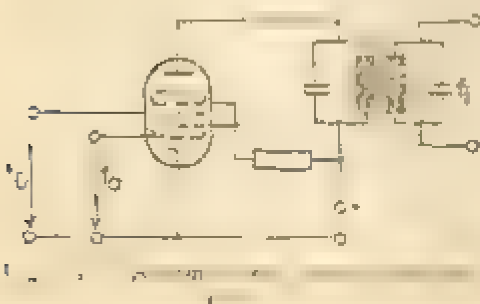

[illegible] 4. Amplificator RF de bandă largă

[illegible] filtre de bandă.

## 24.2. Mixerul

[illegible] conține această modulație.

[illegible]



[illegible]

face ca acest mixer să se folosească mai ales în domeniul undelor medii.

O mixare multiplicativă se realizează și în mixerele în inel asemănătoare ca funcție de transfer modulatoarelor în inel cum sînt în capitolul despre „Modulație". În circuitele integrate moderne aceste dispozitive sînt [illegible]

## 24.3. Amplificatorul de frecvență intermediară

Amplificatorul de f[illegible]

[illegible]

D[illegible]

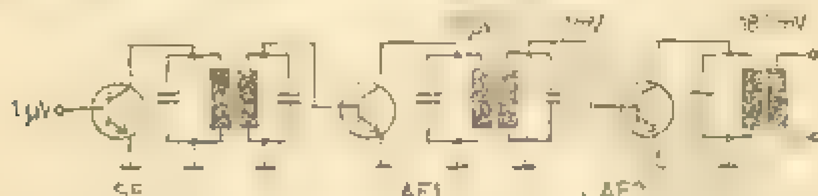



Fig. 24.6. Schema simplificată a unui amplificator de FI

A[illegible] recepterului.

[illegible]

[illegible] receptorului.

De regulă amplificatorul FI este realizat din două-trei etaje echipate cu circuite selective (circuite LC, filtre ceramice, magnetostrictive) și dispozitive active (tuburi electronice sau tranzistoare).

[illegible]

[illegible] realizat filtre ceramice. Pe baza efectului p[illegible] formă în oscilații mecanice și din nou în oscilații electrice. Un filtru ceramic este constituit din două rezonatoare cuplate care au formă de H. Un astfel de filtru nu are elemente de reglaj și este foarte stabil cu [illegible]

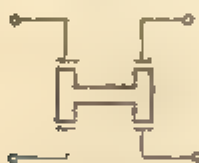


Fig. 24.7. [illegible]

În figura 24.8 este dată schema unui etaj FI echipat cu două filtre ceramice de tip SPF 455-9 fabricate în RD Germană. În cazul utilizării unui astfel de filtru este necesară o amplificare de cca 1000 de ori, dar în ultima vreme aceasta se realizează destul de simplu cu circuite integrate. A[illegible] [illegible] circuitul integrat µA 753. Filtrele ceramice FC 1 și FC 2 [illegible] 10,7 MHz.

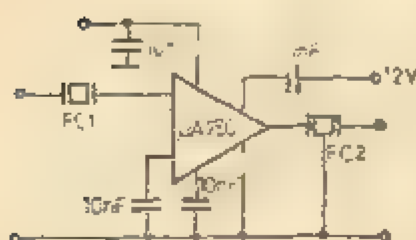



Fig. 24.8. A[illegible] 10,7 MHz.

## 2[illegible]4. Reglajul automat al amplificării (RAA)

În [illegible] şi la un nivel aproape egal.

[illegible] receptorul trebuie să prezinte [illegible]




[illegible]

[illegible] preamplificatorului final.

[illegible]

[illegible] ambele reglaje.

[illegible] neschimbată cu şi fără modulaţie

[illegible] în cazul [illegible] la încărcare nu avem nici un semnal. În acest scop trebuie să mărim foarte mult constanta de timp a circuitului $R_aV$, ceea ce prezintă




Fig. 2[illegible]

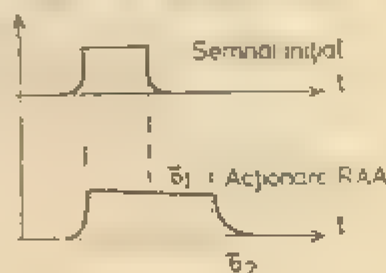



Fig. 2[illegible] Diagrama de acţiune RAA în cazul unui receptor SSB

[illegible]
timpul şi receptorul rămîne pe recepţie.

## 24.5. Amplificatorul audio

[illegible]
ieşirea demodulatorului.

[illegible]

[illegible]
este suficient.

[illegible]
lui 10 — 100 µF.

[illegible]

$$R_c = 4{,}7\ \text{k}\Omega \quad R_1 = 68\ \text{k}\Omega \quad R_E = 470 - 1\ \text{k}\Omega$$

Pentru $R_2$ [illegible]

[illegible]
formula:

$$C \ldots \frac{1}{\ldots R}$$

Fig. [illegible] Etaj de amplificare audio

Pentru [illegible] = 1 [illegible] Ω [illegible] inferioară 200 Hz

$$C_b = \frac{1}{2\pi \cdot 200 \cdot 1\,000} = 0{,}8\ \mu F$$

[illegible]
formula

$$C_E = \frac{10}{2\pi \cdot 200 \cdot 470} \approx 16{,}9\ \mu F$$

[illegible] alegem 22 μF.

[illegible] Hz

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot f_s \cdot R_c}$$

[illegible] kΩ

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot [illegible] 000 \cdot 1\,000} \approx 53\ nF$$

Se poate alege un condensator de 47 nF.

[illegible]
colector şi bază.

[illegible]
rezistiv.

[illegible]
potenţiometru logaritmic.

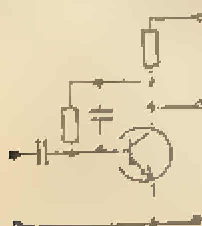


Fig. 24.13. Etaj cu reacţie negativă.

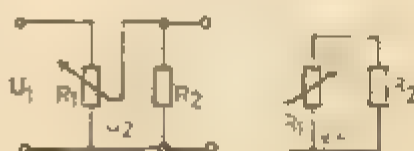
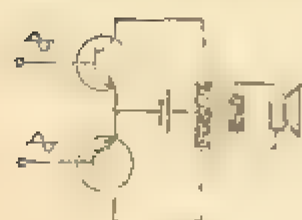


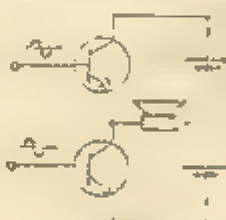

Fig. 24.14. Divizorul de tensiune şi divizorul de curent.

## 24.6. Amplificatorul final

[illegible]



a.



b.

[illegible] acestei scheme este că pe timpul pauzei curentul este [illegible] randament foarte bun sau [illegible]

În principiu există două scheme în contratimp, contratimp paralel şi contratimp serie. Schema în contratimp [illegible] sursa de alimentare $U_a$. [illegible]

[illegible] difuzor.

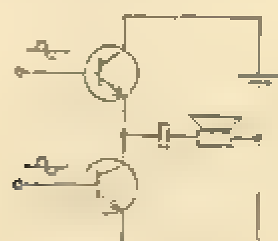


Fig. 24.16. Amplificator în contratimp serie cu tranzistoare identice.

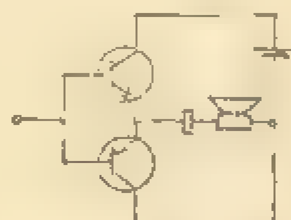


Fig. 24.17 [illegible] contratimp [illegible] toare complementare

## Test recapitulativ: radiorecepție

[illegible]
Va trebui să dați cel puțin 30 de răspunsuri corecte.

1. Ce rol are demodulatorul?
[illegible]
a) [illegible]
b) ... a transforma [illegible] joase (audio [illegible]
c) ... a filtra [illegible]
d) ... a translata [illegible]

2. [illegible]



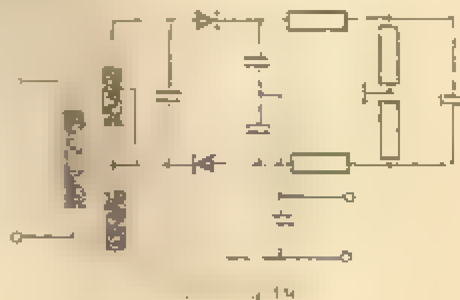
3. Care dintre demodulatoarele [illegible] se folosește pentru demodularea semnalelor SSB?
a) ... detector de produs
b) ... detector radio
c) ... discriminator
d) ... detector de raport

4. Cum funcționează un detector de [illegible] pentru demodularea semnalelor SSB?
a) ... Semnalul SSB este translatat [illegible] de 200...300 kHz și apoi este demodulat [illegible] detector de raport.
b) ... [illegible]
c) ... semnalul SSB este mixat cu o [illegible] audio.
d) ... [illegible] lului recepționat.

5. Ce fel de demodulator este desenat în figura 23.19?
a) ... demodulator [illegible]
b) ... [illegible]
c) ... detector de raport
d) ... detector

6. Ce este un BFO?
Un BFO este
a) ... [illegible] auxiliare pentru demodularea semnalelor [illegible]
b) ... schema unui demodulator SSB.
c) ... O parte a schemei discriminatorului [illegible] numerele (Binary Frequency oscillator)
d) ... un filtru trece bandă cuplat [illegible]

7. Ce avantaj prezintă un receptor cu amplificare directă față de un receptor superheterodină?
Receptorul cu amplificare directă
a) ... are o selectivitate mai bună
b) ... este mai indicat pentru recepția semnalelor SSB
c) ... nu are o frecvență imagine
d) ... nu are nevoie de demodulator.



[illegible] 19

**8. Ce se înțelege prin receptor cu reacție?**
**Receptorul cu reacție este**

*a* [illegible] receptor cu [illegible]
*b* un demodulator [illegible]
*c* un amplificator de joasă frecvență.
*d* un receptor cu conversie directă

**9. [illegible] se înțelege printr-un 1-V-2?**
**Un 1-V-2 este**

*a* [illegible] RF [illegible] audio
*b* [illegible] audio
*c* un receptor [illegible] RF și un mixer și două etaje de amplificatoare audio.
*d* [illegible] și două etaje de amp[illegible] audio

**10. Ce se înțelege prin receptor cu conversie directă?**
**Într-un receptor cu conversie directă**

*a* [illegible] prin mixare
*b* [illegible]
*c* semnalul de [illegible] fără a mai fi demodulat
*d* [illegible] frecvența de intrare

11. În figura 24 [illegible]
*a* [illegible]
*b* [illegible]
*c* [illegible]
*d* [illegible]

12. [illegible] MHz [illegible] frecvența oscilatorului local dacă frecvența intermediară este 10 MHz?
*a* 10 000 kHz.
*b* 455 kHz
*c* 10 700 kHz
*d*. 17 000 kHz

13. Cu toate că receptorul pe care îl posedați este acordat pe 14 MHZ în difuzor se [illegible] frecvența intermediară a [illegible] când că oscilatorul local oscilează deasupra frecvenței recepționate?
*a*. ... 13 545 *c*. ... 14 900 kHz
*b* ... [illegible] *d* ... [illegible]

14. [illegible]?
[illegible]
*a* [illegible]
*b* [illegible] alo
*c* prin alegerea unui oscilator local foarte stabil
*d* [illegible]

15. [illegible] receptor [illegible]
[illegible]
*a*. ... sensibilitate și selectivitate mai bune
*b* [illegible]
*c* siguranță față de apariția frecvenței imagine
*d* [illegible] acordate

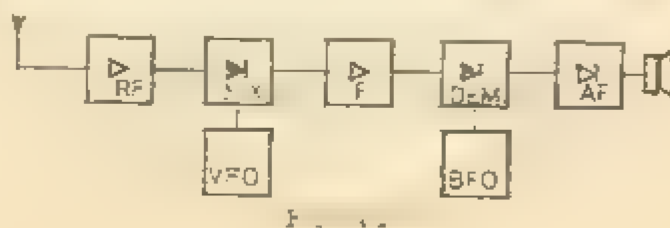



Fig. 24

**16. Ce se înţelege prin intermodulaţie?**

[illegible] circuitului de intrare al receptorului sau a mixerului

*a* [illegible]

*b* [illegible] frecvenţă intermediare.

*c* [illegible]

*d* [illegible]

[illegible]

**17. Ce determină sensibilitatea unui receptor?**

Sensibilitatea unui receptor este determinată de

*a*. ... amplificarea totală a receptorului

*b*. ... amplificarea amplificatorului de radiofrecvenţă.

*c*. ... zgomotul amplificatorului FI

*d*. ... zgomotul circuitului de intrare.

18. [illegible] fig. 24.21) [illegible]

19. Ce rol are [illegible] unui *receptor superheterodină*?

Mixerul are rolul:

*a* ... de a translata semnalul de [illegible] în domeniul frecvenţei intermediare.

*b* ... de a translata cu ajutorul unui oscilator local frecvenţa intermediară [illegible] domeniul frecvenţelor audio.

*c* ... să atenueze frecvenţa imagine

*d* ... de a îmbunătăţi select[illegible]

20. Care dintre [illegible] nu trece banda dintr [illegible]

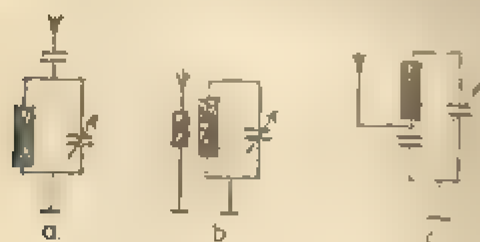
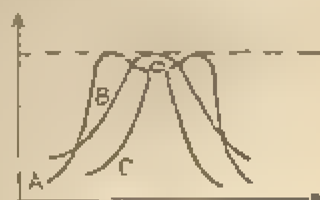



Fig. 24.21.




21. Ce se înţelege prin RAA?

RAA este

*a* ... reglajul automat al frecvenţei

*b* ... reglajul automat al amplificării

*c* ... reglajul automat al atenuării

*d* ... receptor cu amplificare directă

22. În fig. [illegible] AF [illegible] de valori de rezistenţe este corect?

| | $R_1$ | | $R$ | $R_E$ |
|---|---|---|---|---|
| *a* | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 1 k |
| *b* | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| *c* | [illegible] | 3 [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| *d* | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |

23. [illegible] o putere de 1 W şi un randament de 50%?

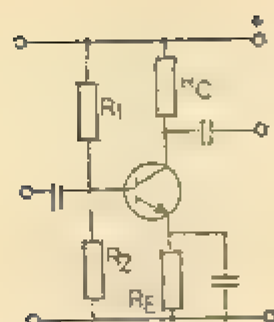
*a* 1A, *b* 0,2 A, *c* 0,5 A, *d* 0,1 A

24. Care [illegible] contratimp [illegible] simplu?

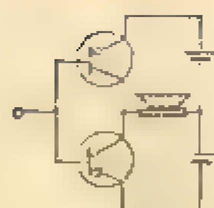
Amplificatorul în contratimp are avantajul

*a* ... unor distorsiuni mai mici

*b* ... unei amplificări mai mari.




[illegible]



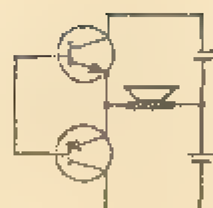




Fig. 24.24.

*c* [illegible] mai bun.

*d* [illegible] de frecvență mai bune.

[illegible]
[illegible] prezentate?

*Soluțiile testului*

[illegible]
pentru un modulator iar *c* pentru un circuit de intrare.

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible] Prin comutatorul K2 O este posibilă recepția emisiunilor SSB alături de recepția celor telegrafice și a celor M[illegible]

12 d. 7000 + 10 000 = 17 000 kHz

[illegible]

[illegible]
circuitul il premergător mixerului.

[illegible]

8 *b*

*a*. Răspunsul *b* este valabil pentru un demodulator.

[illegible]

[illegible] până la 10 : 1.

[illegible] W

$$I = \frac{P}{U} = \frac{2\ W}{10\ V} = 0{,}2\ A$$

[illegible]

[illegible]
zistor *npn* și unul *pnp* iar emitorii se leagă împreună.

Capitolul 25

# Propagarea undelor electromagnetice

În acest capitol ne vom ocupa de propagarea undelor electromagnetice în spațiul liber, problema cea mai fascinantă a radioelectronicii care reprezintă de fapt esența acesteia.

În 1870 fizicianul englez James Clark Maxwell (1831—1879) a demonstrat matematic că un curent care străbate un conductor crează în jurul acestuia un cîmp electromagnetic. Acest cîmp are două componente — electrică și magnetică. Michael Faraday a imaginat liniile de forță ale unui cîmp electromagnetic care sînt caracterizate de o direcție și o anumită densitate. Dacă pe o direcție intensitatea forței și densitatea liniilor rămîn neschimbate, se vorbește de un cîmp omogen, dacă din contră acestea variază, cîmpul este neomogen.

Între două sfere sau plăci metalice încărcate cu electricitate în mod diferit se formează un cîmp electrostatic. Dacă ne întoarcem la capitolul „Condensatori" ne amintim că intensitatea cîmpului depinde de diferența de potențial dintre plăci și de distanța ce le separă. În acest fel intensitatea cîmpului este definită de diferența de potențial pe unitatea de lungime de-a lungul unei linii de cîmp. Unitatea de intensitate a cîmpului electric *E* este V/m, dar în general nu se ajunge la valori atît de mari, ci abia la μV/m sau mV/m. Dacă tensiunea pe plăcile condensatorului variază sensibil, atunci direcția și intensitatea cîmpului vor urmări variația acesteia.

Cînd un conductor este străbătut de un curent electric, în jurul său se formează un cîmp magnetic. Dacă acest curent este constant, cîmpul din




Fig. 25.1. Cîmpul electric al unui condensator

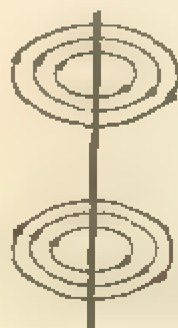


Fig. 25.2. Cîmpul magnetic creat de un curent care străbate un conductor

jurul firului este magnetostatic, iar liniile de cîmp se închid în cercuri concentrice în jurul firului.

Desigur, dacă prin conductor circulă un curent variabil, cîmpul magnetic va urmări variația curentului. Intensitatea cîmpului magnetic $H$ se exprimă în $\frac{mA}{m}$, această unitate fiind mai uzuală în radiotehnică decît $\frac{A}{m}$.

Prezentate astfel lucrurile par foarte simple, dar niciodată un curent electric nu circulă dacă nu există diferență de potențial, adică o tensiune, prin urmare nici un cîmp magnetic nu există fără a exista în același timp și în același loc și un cîmp electric. Cele două componente sînt întotdeauna reciproc perpendiculare.

## 25.1. Cîmpul electromagnetic variabil

Vom explica radiația unui cîmp electromagnetic prin producerea sa care are drept cauză un curent alternativ. Generatorul cedează energie, să zicem noi, într-un conductor, care se transformă în cîmp. La conectarea generatorului, această energie este radiată după un anumit timp în jurul conductorului (am spus după „un anumit timp", deoarece energia electrică nu se propagă cu o viteză infinită, ci cu o viteză extrem de mare, viteza luminii, dar totuși cu aceasta limitată). Dacă generatorul se stinge, cîmpul se desființează și energia se reîntoarce în conductor. Desigur și aceasta durează un timp. De aceea părțile de cîmp situate la o oarecare depărtare de conductorul se întorc mai tîrziu în acesta. Cîmpul magnetic întrerupt produce în conductor o tensiune care crează din nou, un cîmp electric. Această tensiune apărută prin întreruperea curentului electric este întîlnită foarte des, mai ales la vehiculele cu tracțiune electrică, cînd apar întreruperile de alimentare.

Dacă un conductor este străbătut de un curent alternativ, procesele care apar la conectarea și deconectarea generatorului electric se vor repeta în acest caz în același fel, diferită fiind numai frecvența. Prin urmare să recapitulăm. Cînd curentul crește, ceva mai tîrziu apare un cîmp electromagnetic care la rîndul lui variază. Cînd curentul scade conform sinusoidei, energia cîmpului se reîntoarce în conductor, dar avînd în vedere că pentru aceasta este nevoie de un oarecare timp, o parte din energia de cîmp întîrzie să ajungă la conduc-

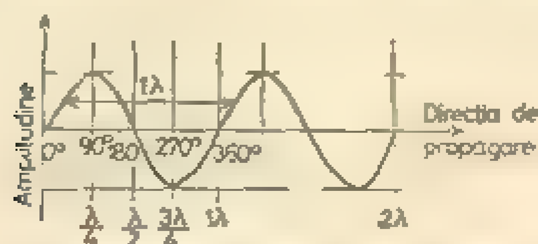


Fig. 25.3. Evoluția în timp a unei unde electromagnetice



Fig. 25.4. Vectorii de cîmp și vectorul Poynting

tor și în jurul său mai există o distribuție de curent. Acest nou curent crează un nou cîmp care se opune vechiului cîmp. În felul acesta liniile de cîmp electric formează cercuri închise care strangulează liniile de cîmp magnetice. Acest proces se repetă cu perioada curentului alternativ, astfel încît dinspre conductor se propagă o undă electromagnetică a cărei frecvență și lungime de undă corespunde exact caracteristicilor cîmpului electric. Ea se depărtează în spațiu cu viteza luminii. Direcția de propagare a undelor electromagnetice în spațiu liber este perpendiculară pe liniile de cîmp ale cîmpului electromagnetic. În figura 25.4. este dată reprezentarea vectorială a unui cîmp electromagnetic. Vectorul $E$ reprezintă intensitatea cîmpului electric, iar vectorul $H$ — intensitatea cîmpului magnetic. Perpendicular pe planul celor 2 vectori, vectorul $S$ (vectorul Poynting) determină direcția de propagare a energiei electromagnetice.

## 25.2. Frontul de undă

Exemplul clasic de formare al undelor în apă suferă de faptul că introduce reprezentarea propagării undelor în plan orizontal. De fapt o antenă de emisie radiază undele în toate direcțiile cu aceeași viteză. Să ne închipuim o sferă a cărei rază crește neîncetat. În apropierea antenei de emisie, această sferă are o suprafață destul de curbată, dar la distanțe mari curbura suprafeței sale scade pînă cînd o porțiune dată poate fi considerată plană. Este aceeași ca și constatarea că pe o foarte mică bucată nu știm că pămîntul e rotund.

Prin urmare, putem spune că la o distanță apreciabilă față de emițător, avem la un moment dat o undă plană ca în figura 25.5. Cum privim figura, unda înaintează spre noi ca un front. De aceea îl vom numi front de undă plană. Direcția de propagare rămîne mereu perpendiculară pe acest front. În timpul unei semiperioade liniile de cîmp electrice și magnetice suferă rotații de 180°. Direcția de propagare nu variază, ci rămîne întotdeauna perpendiculară pe frontul de unde.

Pentru a defini tăria unui cîmp electromagnetic se măsoară diferența de potențial pe unitatea de lungime, de-a lungul unei linii de cîmp din frontul de unde. De aceea intensitatea cîmpului $E$ se exprimă în $\frac{V}{m}$ sau $\frac{\mu V}{m}$.

Cea mai uzuală unitate rămîne totuși $\frac{\mu V}{m}$.

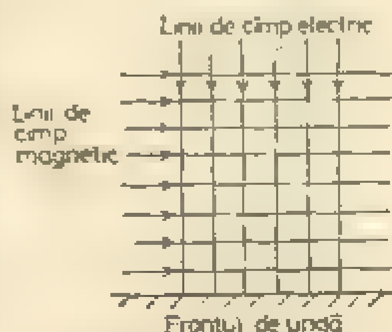


Fig. 25.5. Frontul de undă

În spațiul ideal intensitatea cîmpului electric $E$ scade liniar cu distanța. Dar cum undele nu se propagă în condiții ideale, atenuarea este mult mai pronunțată.

În general undele electromagnetice ocupă un spectru foarte larg, începînd cu frecvențele foarte joase de cca 3 kHz pînă la peste 300 GHz. Acestea formează numai spectrul radio a cărui repartizare este prezentată în tabelul 25.1:

*Tabelul 25.1.*

**Împărțirea spectrului radio**

| Domeniul frecvenței | Lungimea de undă | Denumirea românească | Simbol | Denumirea engleză | Simbol |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 kHz—30 kHz | 100 km—10 km | unde miriametrice | — | very low frequencies | VLF |
| 30 kHz—300 kHz | 10 km—1 km | unde lungi | UL | low frequencies | LF |
| 300 kHz—3 MHz | 1 km—100 m | unde medii | UM | medium frequencies | MF |
| 3 MHz—30 MHz | 100 m—10 m | unde scurte | US | high frequencies | HF |
| 30 MHz—300 MHz | 10 m—1 m | unde ultrascurte | UUS | very high [illegible] | |
| 300 MHz—3 GHz | 10 dm—1 dm | unde decimetrice | | ultra high frequencies | UHF |
| 3 GHz—30 GHz | 10 cm—1 cm | unde centimetrice | | super high frequencies | SHF |
| 30 GHz—300 GHz | 10 mm—1 mm | unde milimetrice | | extremely high frequencies | EHF |

Dar undele electromagnetice nu sînt numai unde radio, ci și radiații luminoase sau radiații cosmice. Diferența între undele radio și undele luminoase constă numai în lungimea de undă, și prin urmare și undele radio sînt reflectate, refractate sau difractate. După cum ne amintim din cursul de fizică învățat în școală, reflexia apare la întîlnirea unei unde cu o suprafață plană. Unda își schimbă direcția cu un unghi egal cu unghiul sub care unda cade pe suprafața plană. Gradul de reflexie este dat de conductivitatea mediului reflectant, de constanta dielectrică și de permeabilitatea sa. Atunci cînd undele electromagnetice trec dintr-un mediu într-altul cu o constantă dielectrică diferită, apare fenomenul de refracție. Acesta se manifestă mai des în cazul propagării undelor ultrascurte. Schimbarea constantei dielectrice influențează viteza de propagare a undelor electromagnetice ceea ce determină o schimbare a direcției. Astfel de fenomene apar în atmosferă unde umiditatea și densitatea diferită a aerului determină variații ale constantei dielectrice. Fenomenul este asemănător cu imaginea deformată a unui baston introdus în apă care apare frînt.

De asemenea în propagarea undelor electromagnetice apare și fenomenul de difracție la întîlnirea unor obstacole. Fenomenul este foarte des observat în spatele munților sau a clădirilor înalte unde este posibilă recepția undelor radio chiar dacă ne aflăm într-o zonă umbrită.

## 25.3. Atmosfera terestră

În propagarea undelor electromagnetice un rol însemnat îl joacă stratul foarte gros de gaze care înconjoară pămîntul și pe care îl numim atmosferă. Grosimea acestui strat variază între 2000—3000 km, iar în compoziția să intră în principal oxigen, azot și hidrogen la care se adaugă vapori de apă. Atmosfera se împarte în 3 regiuni: troposfera, stratosfera și ionosfera.

### 25.3.1. Troposfera

De la suprafaţa pămîntului pînă la cca 11 km înălţime, pămîntul este înconjurat de troposfera. Aici se află aproape 75% din conţinutul atmosferei şi tot aici se înregistrează cele mai multe fenomene meteorologice. Temperatura troposferei scade la fiecare 1 km cu cîteva grade, iar la limita sa temperatura ajunge la –50°. Înălţimea limită a troposferei variază de la un anotimp la altul. În emisfera nordică limita superioară coboară la cca 7 km în luna martie, iar în iulie se urcă pînă la 11,1 km. Starea troposferei are o importanţă determinantă în propagarea undelor ultrascurte.

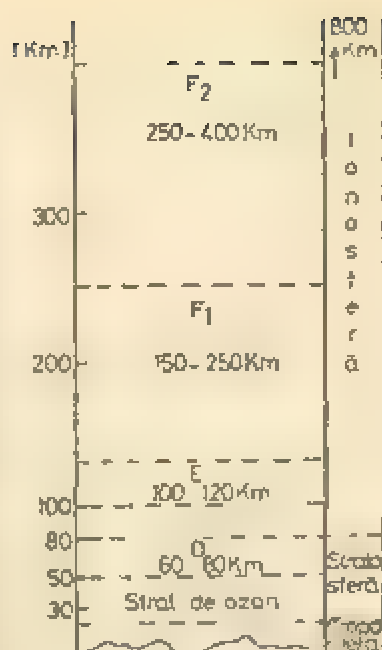



Fig. 25.6. Stratificarea atmosferei

### 25.3.2. Stratosfera

Între 11–80 km înălţime se află stratosfera. Ea reprezintă un domeniu lipsit de fenomene meteorologice, cum ar fi norii, este lipsită şi de vapori de apă. Temperatura aerului este constantă pînă la o înălţime de aproape 20 km înălţime. De la această înălţime, temperatura începe să crească, iar la 50 km temperatura se se apropie de +50°C. În această zonă atmosfera este bogată în ozon. Stratul de ozon are o mare însemnătate pentru existenţa vieţii pe pămînt deoarece absoarbe o mare parte din radiaţiile ultraviolete provenite de la soare. Între 50–80 km temperatura scade treptat pentru ca apoi trecînd în ionosferă, să crească din nou.

### 25.3.3. Ionosfera

De la înălţimea de 80 km pînă la cca 800 km se află ionosfera. Peste 800 km se intră deja în spaţiul interplanetar. În ionosfera se află un mare număr de particule încărcate electric şi anume ioni şi electroni. Aceste particule apar ca urmare a ionizării moleculelor neutre de aer cauzate de radiaţiile ultraviolete şi roentgen provenite de la soare. Desigur, la acestea se adaugă şi radiaţiile cosmice, precum şi norii de meteoriţi care intră fără contenire în atmosfera terestră (cîteva zeci de miliarde de particule meteoretice în 24 ore).

Radiaţiile smulg din structura atomică a gazului un electron, iar ceea ce rămîn este un ion pozitiv. Electronul liber se poate ataşa la un atom neutru, formînd astfel un ion negativ, sau din contră se va ataşa la un ion pozitiv şi se va recombina într-un atom care devine neutru. Acest fenomen se numeşte recombinare. Densitatea de electroni liberi depinde de intensitatea radiaţiilor iar prezenţa acestora din urmă determină calităţile ionosferei care va reflecta anumite unde electromagnetice.

În anul 1900 Kennelly și Heaviside au presupus existența unui strat conducător de electricitate la mare înălțime. În 1924 englezii Appleton și Barnet au demonstrat experimental existența acestui strat reflectant. Cunoștințele actuale au fost completate de cercetările efectuate de sateliți artificiali și rachetele geofizice.

Dar să ne întoarcem la ionosferă. La o înălțime de 70—90 km se află o mare concentrație de electroni care formează ziua stratul D. Acest strat dispare noaptea. Între 110—140 km se află stratul E numit și Kennelly-Heaviside. Deasupra lui urmează stratul F (Appleton) care în zilele de vară se divide în straturile $F_1$ și $F_2$. Maximul de ionizare apare la stratul $F_1$ între 200—230 km înălțime și în stratul $F_2$ între 250—400 km. Deasupra stratului $F_2$ ionizarea crește treptat până când dispare total.

În lumina noilor cercetări această structură a ionosferei nu ar mai rezista criticii, deoarece apar deosebiri în ceea ce privește concentrația de electroni. Teoria straturilor este foarte răspîndită și este foarte greu să se renunțe la ea.

Ionosfera este mereu afectată de variații și va trebui să ne-o reprezentăm cu totul altfel decît o structură fixă. Ionizarea variază continuu în funcție de anotimp, de ora din zi, în funcție de activitatea solară sau de latitudinea geografică.

## 25.4. Radiația undelor electromagnetice

Un emițător radiază în spațiu un fascicul de unde de cele mai multe ori direcționate. Ele se propagă totuși în două moduri:

— în trepte, de-a lungul suprafeței terestre de unde și numele de undă de suprafață.

— prin reflexii în ionosferă, unda spațială.

### 25.4.1. Unda de suprafață

Unda de suprafață urmează curbura pămîntului și este cu atît mai influențată de efectul absorbant al suprafeței pămîntului cu cît frecvența este mai mare. De aceea cea mai bună propagare prin unda de suprafață o au undele lungi. Unda de suprafață este influențată de conductivitatea solului și de structura suprafeței — construcții, vegetație — și de aceea bătaia unui emițător este dependentă direct de puterea radiată de emițător în antenă.

În unde scurte bătaia undei de suprafață este scurtă. În banda de 80 m bătaia undei de sol este maxim 100 km, iar la aceeași putere radiată în antenă bătaia în banda de 10 m abia atinge 15 km. Dacă se urmărește o bătaie mai mare a undei de sol va trebui ca antenele să aibă polarizare verticală.

### 25.4.2. Propagarea undei spațiale

Pînă în anul 1923 domeniul undelor scurte era neglijat și numai puțini radioamatori lucrau pe frecvențe mai mari decît 1,5 MHz. Dar în noaptea dintre 27 și 28 noiembrie 1923 francezul Jean Deloy (F 8AB) și americanii John Reinartz (K 6 BJ) și Fred Schnell (W 4 CF) au reușit prima legătură bila-

terală intercontinentală pe parcursul a cîteva ore. Se demonstra astfel posibilitatea comunicaţiilor la distanţe foarte mari. După [illegible] grele radioamatorilor li-au fost alocate benzile 1,75, 3,5, 14, 28 şi 56 MHz.

Comunicaţiile la mari distanţe se realizează datorită propagării undei spaţiale. În esenţă unda spaţială este reflectată de straturile ionosferei. Pentru a reflecta o undă spaţială densitatea electronilor din ionosferă trebuie să fie cu atît mai mare cu cît frecvenţa este mai înaltă. Dar reflexia este cu atît mai favorabilă cu cît unghiul de radiaţie al [illegible] θ este mai mic.




Fig. 25.7. [illegible] suprafaţă şi undele spaţiale.

Deşi [illegible] ionosferă cu atît unghiul de reflexie φ [illegible] pe verticală [illegible] Aceasta [illegible] θ [illegible] un salt de aprox. 4000 km în timp ce stratul E abia maxim 2000 km.

*Reţinem că pentru a realiza legături la mare distanţă trebuie ca unghiul de radiaţie să fie cît mai mic.*

Între punctul [illegible] suprafaţă [illegible] şi punctul unde unda spaţială atinge din nou pămîntul [illegible] zona de tăcere a unui emiţător radio.

Unda de suprafaţă poate fi din nou reflectată de pămînt şi astfel poate ajunge din nou în ionosferă de unde [illegible] reflectată a doua oară spre pămînt. Uneori acest proces se poate repeta de cîteva ori şi în condiţii favorabile poate înconjura pămîntul.

Totuşi reflexia multiplă este destul de complexă datorită faptului că starea ionosferei variază de la un loc la altul. Să urmărim din nou fig. 25.7. Unda 1 radiată sub unghiul θ cel mai mic este reflectată de ionosferă sub un unghi φ foarte mare şi distanţa de salt este maximă. Unda 2 este radiată sub un unghi θ mai mare şi pătrunde mai mult în stratul ionizat reflectîndu-se sub un unghi mai mic distanţa de salt micşorîndu-se. Unda 3 radiată sub un unghi şi mai mare pătrunde şi mai mult în stratul ionizat pînă atinge o zonă mai densă este reflectată, dar pentru a atinge aceeaşi distanţă unda trebuie să mai sufere o reflexie. O situaţie specială o are unda 4 care pătrunde pînă

le straturile cele mai intens ionizate după care parcurge distanțe mari de-a lungul lor pînă întîlnește o zonă neomogenă și revine pe pămînt. Aceasta este propagarea prin așa-numita undă alunecătoare sau *Super Mode*.

Undele 5 și 6 sînt radiate foarte abrupt și de aceea ele pătrund prin straturile ionosferei și se pierd în spațiu.

Undele 5 și 6 sînt radiate foarte abrupt și de aceea ele pătrund prin straturile ionosferei și se pierd în spațiu.

### 25.4.2. Absorbția undelor spațiale

O undă spațială ajunsă în ionosferă aduce în stare de oscilație electronii și ionii întîlniți. Prin aceasta se pierde o parte de energie apărînd astfel o absorbție care crește odată cu pătratul lungimii de undă. Absorbția crește odată cu creșterea densității purtătorilor de sarcină se pierde mai multă energie prin ciocnirile acestora cu frontul de undă. De aici și concluzia că absorbția crește cu cît drumul parcurs de unda spațială prin ionosferă este mai lung.

O măsură indirectă a absorbției este dată de LUF — (Lowest Usable Frecuency). Aceasta este frecvența limită minimă care se mai poate folosi pentru radiocomunicații prin undă spațială. Desigur există și o frecvență limită maximă MUF (Maximum Usable Frequency).

### 25.4.3. Reguli generale privind propagarea în benzile de unde scurte alocate radioamatorilor

Radioamatorul nu are posibilitatea să măsoare starea ionosferei pentru propagarea la mare distanță și nu poate astfel să aleagă frecvența cea mai adecvată pentru o transmisiune optimă. Prin observații repetate la care se adaugă și unele cunoștințe teoretice despre fenomenul propagării radioamatorul poate căpăta un anumit simț care să-i spună care bandă este cea mai indicată într-un anumit moment. Această practică nu se poate înlocui prin prevederi și reguli la îndemîna radioamatorilor deoarece ionosfera este mai niciodată liniștită, iar activitatea solară introduce totdeauna un factor de nesiguranță.

**Propagarea în banda de 80 m.** În timpul zilei se pot face QSO-uri la distanțe relativ mici deoarece undele sînt absorbite puternic de stratul D. În timpul iernii se pot atinge depărtări mai mari, cca 400 km, decît în timpul verii. După apusul soarelui stratul D dispare și atenuarea dispare. În timpul nopții se pot face legături la distanțe mai mari cca 1000 km.

Iarna și mai ales în timpul minimului activității solare se pot realiza legături intercontinentale la răsăritul soarelui.

**Propagarea în banda de 40 m.** În timpul zilei absorbția stratului D este destul de însemnată dar distanțele la care se realizează QSO-uri sînt de regulă în jur de 1000 km și în condiții favorabile chiar 2000. Zona de tăcere atinge ziua circa 100 km.

În perioadele de minim al activității solare spre sfîrșitul zilei se pot realiza legături intercontinentale totuși perturbate de stațiile apropiate.

În nopțile de iarnă distanța de salt se mărește atingînd maximul la miezul nopții. Atunci se pot realiza legături cu toate continentele neperturbate de stațiile apropiate deoarece întreaga Europă se află în zona de tăcere. Cele mai depărtate legături se realizează dacă întregul parcurs al undelor se află în partea cuprinsă de noapte a pămîntului, deoarece stratul D dispare.

Perturbațiile atmosferice sînt mai scăzute decît în banda de 80 m, dar vara comunicațiile din această bandă sînt apreciabil perturbate.

Propagarea în banda de 20 m. Banda de 20 m este banda tradițională a DX-urilor. Aproape la orice oră traficul cu alte continente este activ. Totuși în timpul minimului activității solare banda de 20 m este deschisă traficului pînă la apusul soarelui. Noaptea nu sînt posibile QSO-uri.

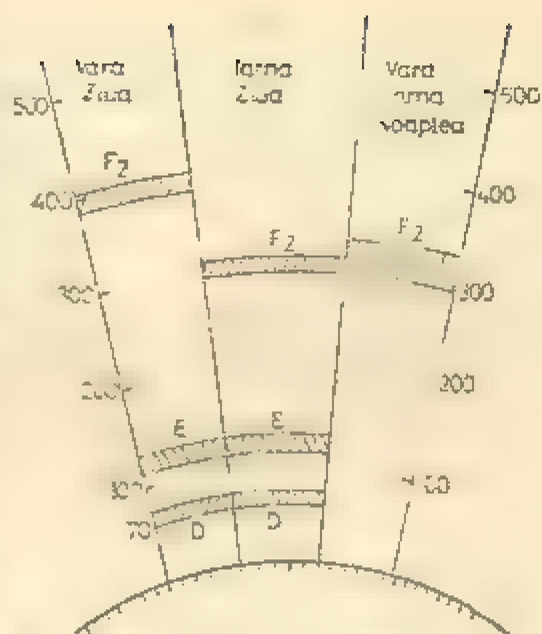



Fig. [illegible] 8. Înălțimile straturilor reflectante în funcție de anotimp și perioada zi-noapte

Aproape tot timpul lungimea saltului este circa 1000 km. În timpul maximului activității solare bătaia scade la 400 km. De multe ori vara nu mai apare zona de tăcere.

Trebuie spus că odată cu apusul soarelui zona de tăcere se întinde foarte repede și distanța de salt poate atinge uneori și 4000 km. Condiții deosebit de bune apar în cazul cînd o parte din traseul de propagare se află în partea umbrită a pămîntului.

Propagarea în banda de 15 m. În această bandă condițiile de propagare sînt foarte influențate de ciclul activității solare. Banda este deschisă traficului DX în timpul maximului activității solare. Atunci se pot face DX-uri foarte depărtate chiar cu puteri de emisie mici. Dar în timpul minimului solar banda este deschisă în zilele de vară numai pentru scurt timp. Noaptea nu se pot realiza legături depărtate, iar în timpul iernii banda este închisă.

Ocazional pot apare reflexii pe stratul sporadic E și sînt posibile legături la distanțe de cca 2000 km. Un avantaj este dat de faptul că banda de 15 m nu este influențată de perturbațiile atmosferice.

Propagarea în banda de 10 m. În timpul activității solare intense banda este deschisă legăturilor prin reflexii spațiale. În timpul zilei se pot realiza multe DX-uri chiar cu puteri mici. Se poate conta pe o zonă de tăcere de 4000 km. Traiectoria de propagare trebuie să traverseze partea luminată de soare, ceea ce înseamnă că se poate lucra cu stații din Extremul Orient de dimineața pînă seara tîrziu. Dar dependența de activitatea solară este foarte pronunțată...

În timpul de minim solar nu se mai pot realiza legături decît întîmplător pe stratul sporadic E pe distanțe mici și pentru scurtă durată.

## 25.5. Propagarea undelor ultrascurte

Propagarea undelor ultrascurte se aseamănă propagării luminii și se spune că au o propagare cvasioptică. Pentru radioamatori este alocată banda de 2 m (144 — 146 MHz).

Cu excepția unor cazuri izolate este imposibilă reflexia ionosferică a undelor ultrascurte.

Undele ultrascurte se propagă în condiții bune pînă la distanțe ce trec dincolo de linia orizontului optic. Pe această distanță nu pot apare nici un fel de variații ale intensității semnalului la locul recepției. Astfel se pot realiza comunicații cu puteri mici fără ca acestea să fie influențate de condițiile ionosferice sau atmosferice.

Undele electromagnetice cu lungimea de undă de 2 m se pot propaga pînă la distanțe ce depășesc cu 15% pe cea a orizontului optic.

Se pare că această curbare a traiectoriei undelor ultrascurte este o urmare a faptului că odată cu înălțimea scade continuu indicele de refracție al aerului. Acesta este determinat de conținutul de vapori de apă, de presiune și de temperatura troposferei. Creșterea distanței peste linia orizontului optic se poate calcula cu formula:

$$d = 4{,}13\left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}\right)$$

unde $d$ este distanța sigură în banda de 2 m în km;

$h_1$ — înălțimea antenei emițătorului (m);

$h_2$ — înălțimea antenei receptorului (m).

Extinderea distanței de propagare a undelor ultrascurte. Nu de puține ori s-au realizat [illegible] km. Aceste cazuri [illegible] dar de cele mai multe ori se datorează unor particularități ale troposferei.

În general temperatura troposferei scade odată cu creșterea înălțimii. Datorită mișcărilor aerului și a altor influențe meteorologice temperatura aerului poate varia [illegible]. O inversiune a temperaturii înseamnă și o schimbare a densității atmosferei. Totodată aerul cald este mai rarefiat decît cel rece.

Conform legilor refracției raza de lumină se frînge la trecerea dintr-un mediu rarefiat într-unul mai dens. La fel și undele ultrascurte. La intrarea într-un strat de inversiune traiectoria frontului de undă se frînge către suprafața pămîntului.

Aceste straturi de inversiune se află la înălțimi relativ mici față de suprafața pămîntului. Acestea sînt sau în apropierea solului sau la înălțimi de cîteva mii de metri.




Fig. 25.9. Propagarea undelor ultrascurte în troposferă

În fig. 25.10 se observă că receptorul *I* din imediata apropiere a emițătorului se află în vizibilitate directă, cînd unda radiată se propagă aproape tangențial la suprafața terestră. Dacă troposfera permite o încovoiere a traiectoriei frontului de undă atunci putem obține o extindere a bătăii dacă emițătorul radiază sub un unghi foarte plat. Pentru aceasta este nevoie de o antenă cu o directivitate foarte bună în planul H.

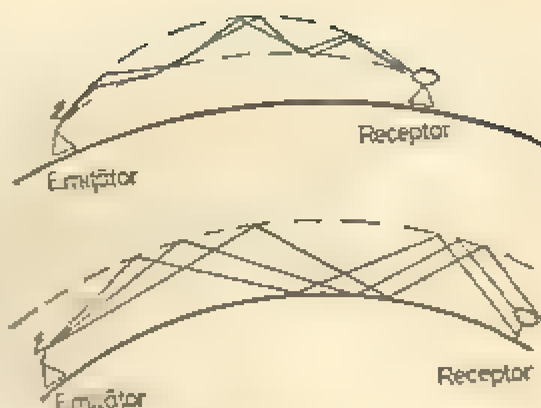



Fig. 25.10. Propagarea prin tub de reflexie format între două straturi de inversiune.

Un fenomen cu totul deosebit este propagarea prin ghiduri de undă atmosferic (troposferic duct-propagation sau mai scurt ducting). Acest fenomen apare dacă în atmosferă sînt formate mai multe straturi de inversiune suprapuse. Fascicolul de unde este reflectat în mod repetat de la un strat la altul pînă cînd, găsind o breșă în stratul inferior poate ajunge din nou pe pămînt. În felul acesta, spațiul dintre straturi fiind restrîns se poate realiza o radiocomunicație la mare distanță chiar pe unde ultrascurte. Acest fenomen poate să apară și între un strat de inversiune și sol. În felul acesta nu mai poate fi vorba de vreo zonă de tăcere.

Mai există și cazul cînd gradientul de refracție al stratului de inversiune este atît de mare încît propagarea în banda de 2 m este asemănătoare propagării undelor scurte.

Propagare prin dispersie (scatter). În straturile înalte ale troposferei mai ales la nivelul de circa 10 km se petrec mișcări intense ale aerului. Acești curenți de aer de temperaturi diferite provoacă turbulențe de durată. Apar neomogenități parazitare care se deosebesc de particulele de aer înconjurătoare prin temperatură, umiditate sau presiune. Dacă frontul de undă parcurge aceste neomogenități o parte va fi dispersată difuz. În felul acesta vor ajunge pe pămînt în spatele graniței vizibilității directe. Dar acest rest de undă este de o intensitate extrem de mică, dar cu o comportare constantă. O astfel de propagare este avantajoasă pentru frecvențe în jur de 500 MHz cînd se realizează legături la distanțe ce ating și 800 km.

Transmisiuni mai simple se realizează prin dispersie ionosferică la înălțimi de circa 100 km. Sînt favorizate frecvențele între 25 și 60 MHz și se pot acoperi distanțe între 1000 și 2500 km.

## 25.5.3. Reflexii pe meteoriți

Pămîntul vine în contact cu un număr neînchipuit de mare de meteoriți, de dimensiunile particulelor de praf. Aceștia pătrund în atmosferă cu viteze foarte mari (cca 70 km/s) și ard la înălțimi de 100 — 200 km. Totuși puțini sînt atît de mari încît arderea lor să fie vizibilă. Și mai puțini pot străbate întreaga atmosferă pentru a ajunge pe pămînt. Există meteoriți sporadici cu traiectorii




*Fig. 25.11.* Intersecția orbitei terestre cu un nor de meteoriți

întîmplătoare și viteze diferite. De asemenea există și așa numiții nori de meteoriți care se deplasează în aceeași direcție și cu aceeași viteză.

Meteoriții incandescenți lasă în urma lor nu numai o dîră luminoasă ci și un canal de ionizare. Dîra luminoasă este de scurtă durată dar produce o ionizare intensă care poate provoca reflexia undelor ultrascurte.

În banda de 2 m a acestă radioamatorilor este posibilă realizarea comunicațiilor prin reflexie pe meteoriți, și nu întîmplător! Deoarece sînt cunoscute traiectoriile și vitezele de deplasare ale acestor nori de meteoriți se poate afla momentul cînd orbita terestră se intersectează cu orbita meteoriților. Totuși durata acestor transmisiuni abia depășește cîteva secunde și mai rar maximum 2 minute.

## 25.5.4. Reflexii pe aurore boreale

Un fenomen optic foarte impresionant este aurora boreală numită și lumina polară care apare la latitudini mari, la latitudini mici apărînd foarte rar.

În afară aurorelor boreale apare așa numita auroră radio care în timpul perturbațiilor magnetice terestre se extinde pînă în zona temperată și influențează negativ propagarea troposferică a undelor scurte.

Aurorele radio apar ziua și noaptea și au maximum între orele 01.00 și 03.00 precum și 17.00 — 19.00 mai ales primăvara și toamna.

Deoarece mediul aurorei radio este puternic ionizat este posibilă reflexia undelor din gama de 2 m. Totuși structura stratului E unde se formează aurorele este foarte neomogenă și are ca urmare o reflexie difuză. Semnalele radio sînt aproape neinteligibile datorită zgomotului și fluctuațiilor așa că se poate utiliza numai telegrafia și telefonia în SSB.

De regulă în martie-aprilie și septembrie-octombrie radioamatorii își îndreaptă antenele către aurorele boreale în speranța realizării de QSO-uri pe 2 m la distanțe neobișnuit de mari.

## 25.5.5. Reflexia undelor ultrascurte pe Lună și sateliți

În 1946 s-a reușit recepția semnalelor emise de o instalație radar și reflectate de suprafața Lunii. În 19[illegible] radioamatorii W6 HB și W1 BU reușesc un QSO prin reflexii pe Lună. Au utilizat antene parabolice și [illegible] W la emisie pe 1296 MHz, realizînd o legătură pe o distanță de 4320 km. Semnalele radio au parcurs totuși 768 000 km. De atunci s-au încercat legături în benzile de 2 m și 70 cm. Aceste QSO-uri necesită o aparatură de înaltă clasă.

O deosebită importanță o au telecomunicațiile prin sateliți artificiali. Alături de sateliții pentru cercetări științifice au fost lansați sateliți pentru

transmisiuni de televiziune, precum Molnia, Telstar, Syncom. De asemeni au fost lansaţi sateliţi artificiali pasivi a căror suprafaţă metalizată au bune calităţi reflectante. În sfîrşit sateliţii activi au la bord instalaţii capabile să recepţioneze semnale pe o frecvenţă anume şi să le emită spre pămînt pe o altă frecvenţă.

## 25.6. Fadingul

În încheiere să prezentăm un fenomen deosebit de frecvent în radiocomunicaţii — fadingul. Prin fading se înţelege variaţia în timp a intensităţii cîmpului la recepţie. Cauzele fadingului sînt diverse.

În domeniul undelor scurte fadingul apare datorită interferenţei semnalelor aceluiaşi emiţător care ajung la receptor pe trasee diferite cu mari variaţii de fază. Astfel intensitatea cîmpului scade sau creşte cu o anume periodicitate. Acest fading este numit fading *interferenţial*.

Uneori se întîmplă ca nu toate frecvenţele dintr-o bandă să se propage uniform şi se spune că fadingul este *selectiv*. Dacă, de exemplu, frecvenţa purtătoare să scadă atît de mult [illegible] demodularea.

Fadingul de *absorbţie* se datoreşte variaţiilor de absorbţie în stratul D.

De multe ori în ionosferă undele scurte suferă o rotire a direcţiei de polarizare şi apare fadingul de *polarizare*.

Fadingul este un fenomen atît de frecvent încît receptoarele moderne conţin aproape toate dispozitive pentru evitarea consecinţelor lui. [illegible] sînt compensate de dispozitivele RAA. Dispozitive eficace există şi pentru fadingul selectiv dar acestea sînt destul de greu de construit şi reglat şi de aceea se întîlnesc numai în receptoarele de trafic de clasă.

Capitolul 26

# Antene

După această călătorie prin spațiul atmosferic în urmărirea fronturilor de undă să coborîm din nou pe pămînt și să ne ocupăm de dispozitivul care realizează funcția cea mai neobișnuită din domeniul radiotehnicii — radiația energiei sub formă de cîmp electromagnetic sau captarea energiei dintr-un cîmp electromagnetic de multe ori infim.

Azi nu mai trebuie să subliniem importanța antenei, numărul mare de antene instalate pe acoperișurile caselor dovedește că antena este hotărîtoare pentru calitatea unei transmisiuni radio. Aceasta mai este dovedită și de faptul că una dintre primele întrebări pe care și le adresează radioamatorii într-un QSO este și întrebarea „Ce antenă folosiți?"

Tehnica antenelor este într-adevăr un domeniu dificil al radiotehnicii, dar conform principiului respectat în această carte vom face numai o introducere în domeniul antenelor fără a recurge la relații matematice. În acest capitol vom descrie dipolul în semiundă și vom defini parametrii antenelor.

## 26.1. Dipolul în semiundă

Antena este un dispozitiv cu ajutorul căruia se poate extrage energie dintr-un cîmp electromagnetic (antena de recepție) sau se poate radia energie sub formă de cîmp electromagnetic (antena de emisie).

O teoremă de bază în teoria antenelor stabilește că aceeași antenă poate fi folosită atît la emisie cît și la recepție păstrînd aceleași caracteristici.

Cea mai simplă, dar și cea mai răspîndită antenă este dipolul în semiundă care se folosește ca element constitutiv în aproape toate antenele. El servește și ca antenă de referință pentru calculul cîștigului unei antene oarecare.

După cum arată și numele, dipolul în semiundă are lungimea aproximativ egală cu jumătatea lungimii de undă λ corespunzătoare frecvenței de rezonanță a antenei. Denumirea de dipol vine de la faptul că cei doi poli ai antenei se află în mijlocul ei unde se poate lega cablul de alimentare al antenei conectat în capătul celălalt la emițător sau receptor.

Un conductor liniar prezintă o inductivitate și o capacitate uniform distribuite pe lungimea conductorului. În figura 26.1 este ilustrată o încercare de reprezentare a distribuției inductivităților $L_1$ ... $L_4$ împreună cu capacitățile $C_1$ ... $C_4$. Să presupunem că la un moment dat toți condensatorii se încarcă și apoi se descarcă prin inductivitățile din dreptul lor. În felul acesta circulă

un curent care dă naştere unui cîmp magnetic. Deci $I_3$ este curentul de descărcare al lui $C_3$ prin $L_3$, $I_2$ curentul de descărcare al lui $C_2$ prin $L_2$, $L_3$ şi $L_4$ iar curentul $I_1$ va parcurge întreg şirul $L_1$ ... $L_5$. Rezultă că prin mijlocul conductorului circulă cel mai mare curent iar la capetele lui curentul scade. Circulaţia curentului dă naştere unui cîmp magnetic care duce la încărcarea capacităţilor cu polaritate schimbată şi procesul se reia în sens invers. Figura 26.1 c redă distribuţia curentului şi a tensiunii într-un dipol în semiundă rezonant. Se observă că între curent şi tensiune este un defazaj de 90°, iar tensiunea prezintă la capetele radiatorului un defazaj de 180°. Se spune că în timp ce la mijlocul radiatorului tensiunea are un minim (nod), curentul prezintă un maxim (ventru). La capete situaţia este inversă.

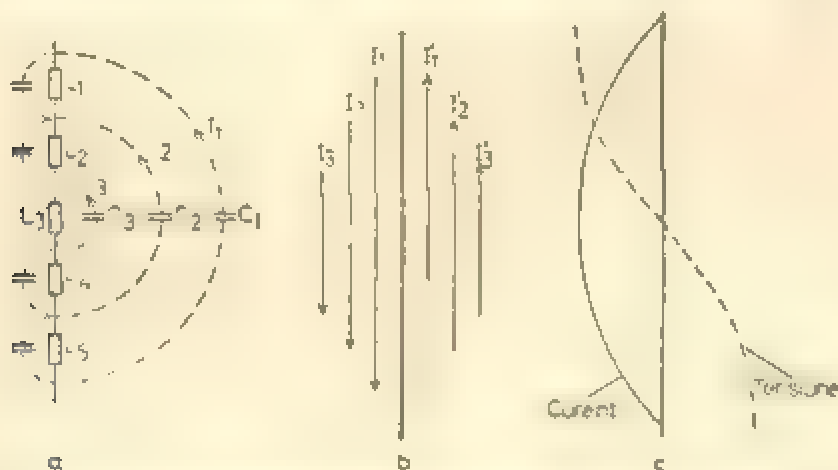



Fig. 26.1. Distribuţia curentului într-un radiator în semiundă

Acesta este motivul pentru care dipolii în semiundă se pot fixa cu mijlocul direct geometric pe suportul metalic de montare cu legat la pămînt. Trebuie precizat că tensiunea la mijlocul radiatorului nu este chiar nulă şi astfel dipolul are o rezistenţă de radiaţie.

## 26.2. Dipolul rezonant

Dacă un dipol prezintă o inductivitate şi o capacitate uniform distribuite pe toată lungimea lui, atunci poate fi asimilat cu un curent oscilant serie. Rezistenţa $R$ este formată din rezistenţa de radiaţie şi rezistenţa de pierderi.

După cum ştim acum, un circuit oscilant are o frecvenţă de rezonanţă determinată de relaţia

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

Deoarece inductivitatea şi capacitatea unui dipol rezonant depind de dimensiunile sale, acestea vor determina şi frecvenţa de rezonanţă. Ca şi la circuitul rezonant, factorul de calitate este determinat de raportul $L/C$ (negli-

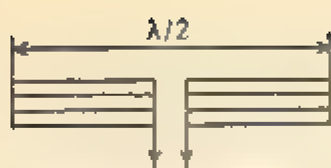


Fig. 26.2 Dipol gros

jind pierderile). Dacă acest raport este mare, antena este de bandă îngustă şi invers dacă $L/C$ este mic, antena este de bandă largă.

Să vedem ce determină lărgimea de bandă a unei antene. Presupunem că un dipol este confecţionat din 3 conductori alăturaţi. Fiind în paralel capacităţile se vor aduna şi vom avea $3C$, iar inductivităţile vor scădea la $L/3$. Deci avem un dipol cu inductivitate mică şi capacitate mare — dipol de bandă largă.

Se înţelege că un dipol confecţionat din conductor subţire prezintă o bandă mai îngustă. Pentru o caracterizare mai bună se defineşte raportul $\lambda/d$ — lungimea de undă/diametrul conductorului care are importanţă mai ales în domeniul U.U.S. deoarece antenele sînt filare. În unde scurte acest raport este foarte mare (peste 5 000) şi nu are însemnătate practică.

## 26.3. Parametrii antenelor

În continuare vom defini principalii parametri ai antenelor: impedanţa, rezistenţa de radiaţie, directivitatea şi unghiul caracteristic de radiaţie.

### 26.3.1 Impedanţa antenei

Pornind de la distribuţia curentului şi a tensiunii într-un dipol în semiundă ajungem imediat la noţiunea de impedanţă. După legea lui Ohm raportul dintre tensiune şi curent este reprezentat de rezistenţă. La fel putem să definim o impedanţă a unui radiator rezonant pentru fiecare punct prin raportul dintre tensiunea şi curentul din acel punct. Numai la rezonanţă această impedanţă este reală şi se comportă ca o rezistenţă pură. În afara rezonanţei mai apare şi o reactanţă capacitivă sau inductivă.

Privind din nou distribuţia curentului şi a tensiunii într-un dipol în semiundă, deducem că în mijlocul dipolului impedanţa este mică — tensiune mică şi curent mare, iar la capete impedanţa este mare — tensiune mare şi curent mic.

În general impedanţa se măsoară în mijlocul antenei şi de aceea este mică (cca 70 ohmi). Teoretic ea poate ajunge la 73 Ω, dar numai pentru un conductor extrem de subţire (raportul $\lambda/d$ infinit) şi în plus antena ar trebui să se afle la o distanţă infinită faţă de pămînt. În domeniul undelor scurte şi ultrascurte diametrul conductorului antenei nu poate fi sub 2 mm, şi de aceea impedanţa unui dipol în semiundă este mereu mai mică de 65 Ω.

### 26.3.2 Rezistenţa de radiaţie

Rezistenţa de radiaţie este o mărime de calcul dedusă din alte mărimi caracteristice ale antenelor. Ea reprezintă rezistenţa fictivă pe care ar trebui să se radieze întreaga putere. Rezistenţa de radiaţie este influenţată de înălţimea antenei faţă de pămînt, de natura solului, de clădirile înconjurătoare, precum şi de dimensiunile mecanice ale radiatorului.

Dacă $P$ este puterea radiată și $I_{max}$ valoarea maximă a curentului din antenă, rezistența de radiație se calculează cu relația

$$R_r = \frac{P}{I^2_{max}}$$

### 26.3.3 Decibelul

Pentru a înțelege cît mai bine datele caracteristice pe care urmează să le prezentăm, să ne ocupăm de „decibel".

De la început trebuie să precizăm că „decibelul" nu este nici mărime fizică cum ar fi de pildă puterea și nici unitate de măsură fizică, cum este wattul. Decibelul corespunde unei modalități de exprimare indirectă, a raportului în care se află două mărimi fizice de același fel.

Denumirea a fost adoptată în cinstea lui Alexander Graham Bell (1847–1922), inventatorul telefonului.

Dacă un emițător produce în antenă 1 W, iar un alt emițător situat în apropiere livrează 10 W, la recepție tăria semnalelor măsurate obiectiv cu instrumente va fi în raportul 10 : 1.

Urechea omenească percepe această creștere a tăriei, dar senzația subiectivă va fi cu totul diferită de acest raport exprimat în mod direct. Între intensitatea senzației subiective (tăria semnalului auzit) și intensitatea obiectivă a stimulului excitator (putere electrică în cască sau difuzor) există o legătură ce poate fi exprimată cu ajutorul logaritmilor zecimali astfel:

tăria subiectivă este proporțională cu logaritmul tăriei semnalului
(senzație) (stimul)

sau pe scurt: senzația este proporțională cu logaritmul excitației

Deoarece modificările tuturor mărimilor electrice care în final se transformă în difuzor în semnal acustic ce provoacă modificări ale calității și tăriei sunetului perceput, este logic să se facă o exprimare indirectă.

Între două emițătoare unul de 100 W și celălalt de 50 W există un raport de putere de 2:1. Potrivit celor ce vor urma, exprimarea acestui raport în decibeli va da numărul 3.

S-a putut constata prin experimente pe un mare număr de subiecți că o creștere de 3 dB este abia perceptibilă. Variațiile de putere sub această limită sînt total nesemnificative pentru majoritatea oamenilor cu auz normal.

Să presupunem două puteri exprimate în wați, $P_1 = 1$ W și $P_2 = 10$ W. Raportul între cele două puteri este:

$$k = \frac{P_1}{P_2} = 10$$

Dacă în loc de raport vom exprima valoarea logaritmului său, vom avea posibilitatea să apreciem mult mai ușor ce consecințe va avea o anumită creștere a puterii

$$\log k = \log \frac{P_2}{P_1} = \log P_2 - \log P_1 = \log 10 - \log 1 = 1 \text{ Bell}$$

În cuvinte cele de mai sus sună astfel:

Dacă raportul a două puteri (acustice) este de 10 atunci diferența de nivel subiectivă a senzației produse de cele două puteri este 1 Bel. Întrucît din punct de vedere practic o asemenea diferență este mare este mai avantajos să se lucreze cu o unitate de 10 ori mai mică, adică 1 Bel = 10 dBel.

Ajungem la definirea noțiunii de decibel (dB) pentru puteri cu următoarea relație

$$1 \text{ dB} = 10 \log \frac{P_2}{P_1}$$

Pentru curenți și tensiuni formulele sînt

$$1 \text{ dB} = 20 \log \frac{I_2}{I_1} \qquad 1 \text{ dB} = 20 \log \frac{U_2}{U_1}$$

***REȚINEM***

**— Decibelul nu este o mărime fizică.**

Prin decibel se exprimă indirect (logaritmic) valoarea unui raport **între două mărimi fizice de același fel.**

O creștere (scădere) de 3 dB conduce la o modificare abia perceptibilă a **senzației acustice finale.**

Cu ajutorul formulelor sau al tabelelor de decibeli putem înțelege expresii ca:

Nivelul puterii de ieșire a crescut cu 3 dB față de situația inițială cînd avea doar 10 W. Rezultă că avem un raport k = 2, deci noua putere este de 20 W.

Am insistat atît asupra acestor lucruri deoarece noțiunea de decibel este fundamentală pentru toți cei ce se ocupă cu radiotehnica. Deoarece în ultima vreme despre decibeli se discută în cercuri din ce în ce mai largi de nespecialiști, sensul acestei noțiuni a devenit mereu mai misterios, vom mai face cîteva precizări pe care le considerăm utile.

Orice mărime fizică (lungime, greutate, tensiune electrică, rezistență, putere, etc.) exprimă o realitate fizică palpabilă pentru care există cîte o unitate de măsură (metru, kg, Volt, Ohm, Watt) precum și un etalon pentru fiecare. Pentru măsurări sînt necesare aparate de măsură.

Pentru decibel nu există nici etalon nici aparat de măsură deși se aude destul de des cuvîntul „decibelmetru". Ceea ce este astfel denumit este doar un voltmetru a cărui scală este gradată în decibeli, scala ținînd loc de tabel de conversie.

Cu nici un aparat gradat în decibeli nu se măsoară altceva decît tensiuni, puteri, etc. care sînt exprimate față de o mărime de referință aleasă și acceptată internațional. Fără a preciza această mărime de referință tot ce vom afirma este vag și fără conținut.

Cine spune că semnalul cules din antenă are un nivel de 80 dBμ a precizat astfel că mărimea de referință este 1 μV și din tabele se va putea afla exact tensiunea semnalului captat, este care 10 mV. Dar dacă spune că nivelul în antenă a crescut cu 20 dB nu vom înțelege nimic dacă nu a fost precizat nivelul inițial față de care am făcut comparația.

Dăm mai jos un tabel sumar a cîtorva rapoarte de puteri exprimate în decibeli. Tabelul complet al rapoartelor de tensiuni și de puteri este dat în anexă.

| dB | P | dB | P | dB | P |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | × 1 | 1 | 1,26 | 11 | 12,6 |
| +10 | × 10 | 2 | 1,58 | 12 | 15,8 |
| +20 | × 100 | 3 | 2 | 13 | 20 |
| +30 | × 1000 | 4 | 2,5 | 14 | 25 |
| +40 | × 10.000 | 5 | 3,16 | 15 | 31,6 |
| | | 6 | 4 | 16 | 40 |
| −10 | × 1/ 10 | 7 | 5 | 17 | 50 |
| −20 | × 1/ 100 | 8 | 6,3 | 18 | 63 |
| −30 | × 1/ 1000 | 9 | 7,95 | 19 | 79,5 |
| −40 | × 1/10.000 | 10 | 10 | 20 | 100 |

*Reținem. Dacă puterea unui amplificator se dublează se cîștigă 3 dB.* Nivelul exprimat în decibeli este o mărime relativă care presupune a fi exprimată totdeauna față de o mărime de referință bine precizată.

## 26.3.4 Directivitatea și cîștigul antenei

Definim ca radiator izotrop antena care radiază energie în toate direcțiile.

Să ne imaginăm o sursă punctiformă de lumină situată în centrul unei sfere de sticlă. Suprafața acestei sfere este iluminată uniform de sursa luminoasă, fiecare punct primește aceeași intensitate luminoasă. Din păcate un asemenea radiator nu există decît teoretic și servește ca referință pentru comparație. De aceea deducem imediat că orice antenă construită practic nu poate radia uniform în toate direcțiile spațiului. Fiecare antenă are o direcție favorizată, deci o directivitate. Această directivitate este redată de caracteristica de directivitate. Pentru a reprezenta în întregime această caracteristică ar trebui să o reprezentăm tridimensional. Cum așa ceva nu este posibil cu mijloace la îndemînă ne vom mulțumi cu diagrama de directivitate reprezentată în plan vertical și în plan orizontal.

Între caracteristica de directivitate și cîștigul unei antene există o strînsă legătură. Și această legătură se poate înțelege, recurgînd la comparația cu sfera de sticlă. Dacă sursa de lumină este prevăzută cu un reflector, o oglindă parabolică, razele de lumină vor fi concentrate spre o zonă limitată a suprafeței sferei. Dar intensitatea radiației luminoase va fi mult mai mare deoarece toate razele de lumină care radiau uniform întreaga suprafață a sferei de sticlă sînt acum concentrate pe o suprafață limitată. Intensitatea luminoasă este cu atît mai mare, cu cît radiația este mai concentrată, iar zona




Fig. 26.3. Radiatorul ideal

respectivă va „cîştiga" mai multă lumină. Observăm deci legătura dintre directivitate şi cîştig. Astfel şi cîştigul şi caracteristica de radiaţie exprimă concentraţia radiaţiei într-o anumită direcţie.

### 26.3.5 Caracteristica de radiaţie

Proprietăţile radiante ale unei antene sînt înfăţişate de caracteristica de radiaţie numită şi caracteristică de directivitate. Aceasta reprezintă proprietăţile de radiaţie într-un sistem de coordonate spaţiale.

Pentru nevoile practice se trasează diagramele de directivitate care sînt curbe rezultate prin secţionarea în plan orizontal şi plan vertical prin caracteristica spaţială. O astfel de diagramă se trasează în coordonate polare sau în coordonate rectangulare. Coordonatele polare sînt o reţea de cercuri concentrice şi raze care pornesc din centrul cercurilor. Aceste cercuri marchează nivelele intensităţii cîmpului radiat (centrului corespunzîndu-i nivelul 0). Direcţia principală de radiaţie (sau de recepţie) este notată cu 0°.

Pe diagrama de radiaţie se pot citi unele date importante ale antenei.

Una dintre acestea este unghiul de deschidere, care măsoară unghiul dintre direcţia maximului de radiaţie şi direcţia în care intensitatea radiată scade la jumătate din valoarea maximă. Pentru a afla acest unghi se notează cu 1,0 intensitatea cea mai mare şi se caută de o parte şi de alta a curbei punctele unde intensitatea scade la 0,7 din valoarea maximă ($0,7 = 1/\sqrt{2}$ corespunde unei căderi de putere la 50% sau unei scăderi cu 3 dB). Se unesc cu centrul cele două puncte şi se măsoară unghiul dintre cele două semidrepte. În interiorul acestui unghi puterea radiată nu poate scădea sub 50% din valoarea maximă.

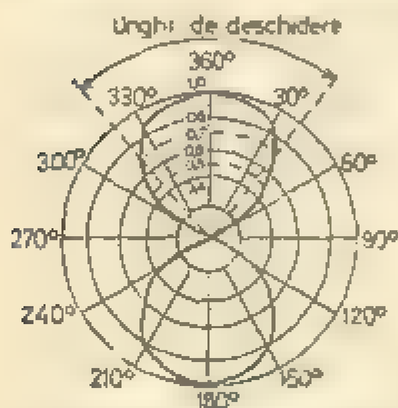


Fig. 26.4. Diagramă de directivitate

O altă mărime care se mai măsoară pe această diagramă este raportul faţă-spate (raportul intensităţilor pe direcţiile principală şi la 180°), exprimat în dB. Relaţia de calcul este

$$RFS = 20 \log \frac{U_0}{U_{180°}}$$

Pe diagramă se mai pot citi poziţiile punctelor unde intensitatea este practic nulă. Se determină unghiul format de raza care trece prin acest punct şi direcţia principală de radiaţie.

În afară de lobul principal mai apar şi lobi secundari care de cele mai multe ori sînt nedoriţi deoarece strică directivitatea antenei şi micşorează lobul principal de radiaţie. Pentru aprecierea influenţei lobilor secundari se măsoară atenuarea lobilor secundari care este raportul dintre intensitatea maximă pe direcţia principală de radiaţie şi intensitatea pe direcţia pe un lob secundar. Fiind un raport exprimat logaritmic se dă în dB.

Vom mai adăuga că toate diagramele de directivitate sînt normate, $U_{max}$ notîndu-se cu 1 iar toate celelalte valori ale tensiunii $U$ cu valori subunitare conform raportului $U/U_{max}$.

### 26.3.5 Caracteristica de radiație a unui dipol în semiundă

Caracteristica de radiație a unui dipol în semiundă poate fi reprezentată în spațiu ca un tor nestrăpuns a cărui axă centrală este însuși dipolul. Dacă pe direcția axei se practică o secțiune orizontală se obține diagrama orizontală, iar dacă secționăm torul într-un plan perpendicular pe axa dipolului se obține un cerc cu secțiunea conductorului în centru. Aceasta din urmă este diagrama verticală a unui dipol orizontal în spațiul liber. Dacă dipolul se dispune vertical, diagrama orizontală va deveni verticală și invers. De aceea de multe ori apar și denumirile diagrama în planul $E$ pentru secțiunea pe direcția liniilor de cîmp electric și diagrama în planul $H$ pentru secțiunea pe direcția liniilor de cîmp magnetic (vezi fig. 26.5). Deoarece dipolul în semiundă are totdeauna direcția liniilor de cîmp electric $E$, diagrama din fig. 26.5 va fi mereu diagrama $E$, iar diagrama din fig. 26.6 va fi diagrama $H$, indiferent de orientarea a dipolului în spațiu.

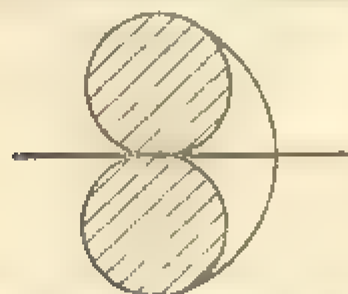


Fig. 26.5. Caracteristica de radiație a unui dipol λ/2 orizontal (reprezentare spațială (tor secționat).

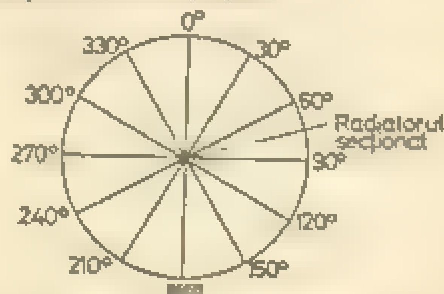



Fig. 26.6. Diagrama verticală a unui dipol λ/2 orizontal (planul H).

### 26.3.6 Influența mediului înconjurător asupra caracteristicii de radiație a antenelor polarizate orizontal

Pînă acum am vorbit de diagramele de directivitate ale unor antene considerate a fi în spațiul liber sau cel puțin foarte departe de sol sau alte obiecte. Foarte departe înseamnă cel puțin 5 λ și dacă pentru o antenă în banda de 2 m înălțimea minimă trebuie să fie de cel puțin 10 m pentru o antenă din banda de 40 m este necesară o înălțare la 200 m, condiție greu de realizat.

Dacă antena este situată în apropierea solului reflexiile vor influența considerabil mai ales rezistența de radiație și diagrama de directivitate.

Undele reflectate întîlnesc în drumul lor structura antenei în care induc un curent de mărime și fază dependente de înălțimea la care este instalată antena. O componentă a acestui curent este determinată de puterea de emisie și de rezistența de radiație, iar cea de a doua de unda reflectată de sol către antenă. În funcție de distanța dintre antenă și pămînt aceste două componente sînt mai mult sau mai puțin defazate. Dacă cele două componente

sînt în antifază ele se vor scădea și curentul prin antenă va fi mai mic. Cum puterea transmisă de emițător este constantă, la variația curentului $I$ va corespunde o variație a impedanței după relația $P = RI^2$. De aceea impedanța unei antene din apropierea solului nu corespunde valorii teoretice.

În figura 26.7 se poate vedea influența pe care o are solul asupra unui dipol în semiundă în funcție de înălțimea de instalare relativă față de lungimea de undă. Dacă unda directă și cea reflectată sînt în fază, ea suferă o multiplicare ce pe diagrama verticală poate ajunge la maxim 2.

Datorită reflexiilor apar mai mulți lobi principali care se ridică în sus. Unghiul format de direcția punctului de maxim cu orizontala pămîntului se numește **unghi de elevație**.

Să privim figura 26.7. Unghiul de elevație al dipolului ridicat la o înălțime egală cu λ este 30° iar factorul de multiplicare 2. La 0° și 55° factorul de multiplicare este 1.

Pentru a înțelege importanța unghiului de elevație să ne reamintim de cele învățate la capitolul despre propagare: legăturile DX nu se pot realiza decît cu condiția reflexiilor pe ionosferă. Acum știm că odată cu creșterea frecvenței condiția de reflexie este ca unghiul de incidență pe stratul ionizat să fie cît mai mic, deci și lobul să aibă un unghi de elevație corespunzător. De aceea trebuie să respectăm următoarele limite pentru acest unghi în funcție de frecvența utilizată:

Banda 40 m 12°—40°
Banda 20 m 10°—25°
Banda 15 m 7°—2[illegible]
Banda 10 m 5°—14°

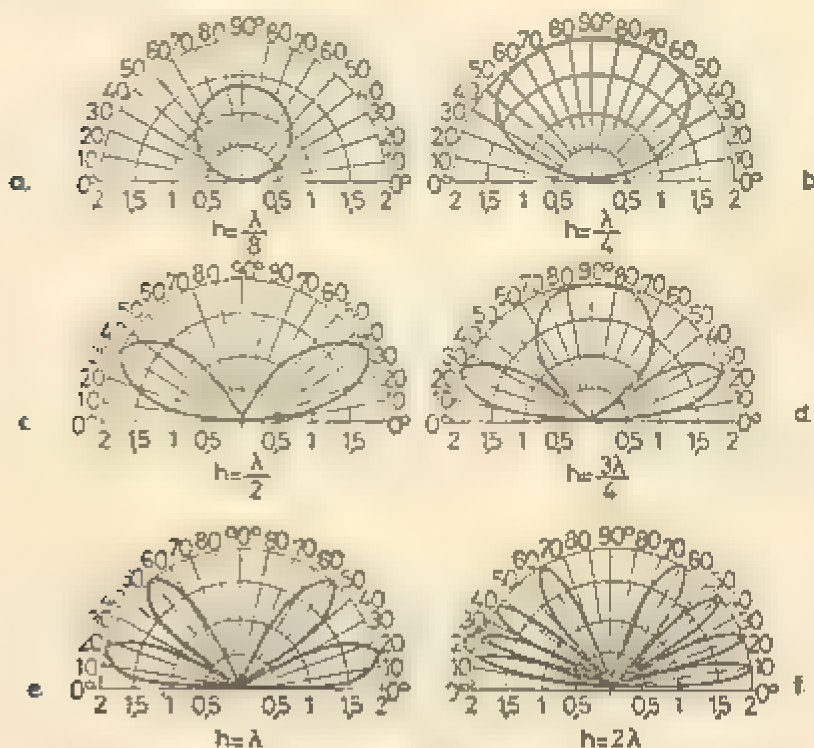



Fig. 26.7. Influența solului asupra caracteristicii de radiație a unui dipol în λ/2 instalat la diferite înălțimi.

Din datele de mai sus deducem că dacă vom emite cu un unghi mai mare de 4[illegible]° sau mai mic de 5° nu vom realiza nici un DX. Desigur în funcție de condițiile de propagare variază și unghiul optim de elevație. De aceea pentru benzile de 10, 15 și 20 m înălțimea antenei trebuie să fie de cel puțin 12 m, iar pentru banda de 40 m să nu fie mai mică de 15 m. Aceste înălțimi minime sînt valabile în condițiile unei vecinătăți libere de obstacole. Obiectele reflectante din apropierea unei antene coboară înălțimea efectivă a unei antene și provoacă modificări greu previzibile ale caracteristicii de radiație. Antenele polarizate orizontal sînt influențate mai ales de firele electrice, jgheaburile de scurgere ale acoperișurilor și conductorii orizontali ai paratrăznetelor. Influența acestor obiecte este neglijabilă dacă lungimea conductorilor este mai mică decît jumătate din lungimea de undă de lucru. De exemplu antenele de televiziune nu au nici o influență asupra caracteristicii de radiație a antenelor de emisie de amator. Dar antenele polarizate vertical sînt influențate de obiectele metalice verticale de felul pilonilor metalici.

Trebuie să reținem că toate antenele polarizate orizontal au un unghi de elevație [illegible] înălțime relativă față de sol. Diferența apare numai la factorul de multiplicare al unor lobi.

## 26.3.7 Cîștigul unei antene

Cîștigul este unul dintre cei mai importanți parametri ai unei antene. Acesta se poate defini în mai multe feluri: ca factor de [illegible] și cîștig de radiație, drept cîștig în intensitate de cîmp sau în tensiune și în sfîrșit drept cîștig al antenei sau cîștig în putere.

Cîștigul fiind o mărime de comparație, mărime relativă, trebuie avută în vedere mereu o referință. Spre exemplu temperatura se măsoară cu ajutorul mai multor scări de temperatură printre care scara Celsius și scara Fahrenheit. Punctul de referință al fiecăreia este temperatura de înghețare a apei, 0° pentru scara Celsius, 32° pentru Fahrenheit. Fără specificarea acestor referințe indicația de ex. 72° nu are nici un sens. De aceea se notează 72°C sau 72° F.

De aceea și pentru antene au fost alese trei antene de referință.

Prima este *Radiatorul izotrop*. Acesta este un radiator teoretic punctiform cu o caracteristică de radiație sferică. Radiația sa este uniformă în toate direcțiile. Se consideră că nu are cîștig și nici directivitate.

*Dipolul elementar* este numit și dipolul lui Hertz. Acesta este un radiator cu o distribuție de curent omogenă cu o polarizare și o directivitate definită. Acest dipol este totuși realizabil și are un cîștig de 1,76 dB față de radiatorul izotrop.

*Dipolul în semiundă (Dipol în λ/2)* este un radiator fără pierderi, autorezonant și cu o distribuție de curent sinusoidală. Este destul de greu de realizat deoarece trebuie să fie gros pentru a nu avea pierderi și subțire datorită distribuției de curent sinusoidale.

Pentru măsurători se utilizează dipolul îndoit în semiundă pentru UUS, dipolul extensibil pentru FIF UIF și antena horn standard pentru domeniul GHz.

Cîştigul unei antene $G$ este produsul dintre coeficientul de Directivitate $D$ şi randamentul antenei

$$G = \eta D$$

unde $\eta$ este raportul dintre puterea radiată de antenă şi puterea totală care vine de la emiţător, $D$ arată de cîte ori trebuie mărită puterea unui emiţător lucrînd cu o antenă izotropă pentru a obţine aceeaşi intensitate la recepţie radiată de acelaşi emiţător cu o antenă directivă.

Acest mod de a defini cîştigul are avantajul că include şi pierderile.

Un alt mod de definiţie al cîştigului este

$$G = \frac{\text{Densitatea maximă de radiaţie a antenei de măsurat}}{\text{Densitatea maximă de radiaţie a antenei de referinţă}}$$

Dacă se înlocuieşte cu raportul intensităţilor cîmpurilor sau tensiunilor de recepţie la pătrat, se obţine pentru $G$ expresia

$$G = \left(\frac{U_A}{U_B}\right)^2$$

Deoarece tensiunea de la intrarea receptorului $U$ este proporţională cu intensitatea cîmpului $E$ formula devine

$$G = \frac{\text{Puterea în antena de referinţă } B}{\text{Puterea în antena de măsurat } A}$$

sau

$$G = \frac{P_A}{P_B}$$

unde $P_A$ şi $P_B$ sînt puterile introduse în antene la emisie pentru ca la recepţie să se obţină aceeaşi intensitate de cîmp. Se va observa ordinea inversă a indicilor $A$ şi $B$ din cele două formule. Deoarece se pot crea confuzii privind cîştigul în tensiune sau în putere se utilizează curent logaritmul raportului puterilor.

Dacă pentru valoarea 2 a cîştigului $G$ se pot înţelege două lucruri (cîştigul în putere 2 corespunde unui cîştig al antenei de 3 dB iar un cîştig 2 în tensiune îi corespunde un cîştig al antenei de 6 dB) pentru cîştigul antenei dat în dB există numai un înţeles. Calculul în decibeli are avantajul că valorile se adună sau se scad.

$$g = 10 \log G$$

Deci dacă o antenă are un cîştig de 10 dB şi pe cablu se pierd 4 dB atunci întreaga instalaţie are un cîştig de 10 — 4 = 6 dB.

Am acordat atîta spaţiu prezentării cîştigului antenelor mai ales datorită faptului că acest parametru intră cel mai adesea în discuţiile radioamatorilor despre antene şi din păcate de multe ori fără a se mai ţine cont de semnificaţia sa.

Să sistematizăm în încheiere noțiunile.

Cîștigul unei antene este dependent de directivitatea acesteia. Dacă puterea radiată crește pe o direcție favorizată aceasta este posibil numai dacă pe alte direcții puterea scade.

Creșterea cîștigului se realizează prin îngustarea unghiului de deschidere. Cîștigul unei antene este proporțional cu dimensiunile antenei în raport cu lungimea de undă. Cîștigul se mărește prin adăugarea de directori, reflectori sau prin gruparea mai multor antene. Altfel spus antenele mari au cîștig mare, iar cele mici cîștig mic.

În încheiere cîteva reguli:

1. Antena standard de referință este radiatorul izotrop. Cîștigul ei este 0 dB.
2. Cîștigul lui dipol în semiundă față de un radiator izotrop este 2,1 dB.
3. Cîștigul în putere al unei antene cu un reflector și un director este 5 dB față de cîștigul radiatorului însuși.
4. Mai mulți directori duc la creșterea cîștigului, dar din ce în ce mai puțin. Ca al doilea director mai aduce 2 dB iar următorii trei cîte 1 dB. Peste 5 directori cîștigul este neînsemnat.

*O regulă simplă. Dacă puterea emițătorului se dublează se cîștigă 3 dB.* Același efect se obține cu o antenă cu un cîștig de 3 dB.

Capitolul 27

# Linii și cabluri

O antenă nu poate fi conectată direct la ieșirea unui emițător sau la intrarea unui receptor. Pentru transportul energiei de radiofrecvență de la emițător la antenă sau de la antena de recepție la receptor se folosesc linii de alimentare numite și fideri.

Condiția de calitate a unei astfel de linii este ca transportul de energie să se facă fără pierderi și distorsiuni. De asemenea linia nu trebuie să radieze nici să capteze energie. O linie care radiază va avea pierderi suplimentare, iar energia radiată va fi absorbită de corpurile învecinate. Aceasta duce la deformarea caracteristicii de radiație a antenei și implicit la reducerea eficacității ei. Dacă fiderii antenelor de recepție vor capta energie perturbatoare (paraziți) calitatea recepției se va înrăutăți.

Liniile de alimentare ale antenelor sînt de regulă formate din două conductoare paralele. Proprietățile fizice ale liniei sînt determinate de dimensiunile conductoarelor precum și de caracteristicile dielectricului din jurul conductoarelor.

## 27.1. Impedanța caracteristică

Parametrul principal al liniilor de transmisiune este *impedanța caracteristică*. Ea este aceeași în tot lungul unei linii și se poate exprima ca raportul dintre tensiunea $U$ și curentul $I$ pe o linie infinită.

O linie poate fi reprezentată ca un circuit cu constante distribuite uniform. Fiecare porțiune de linie prezintă o inductanță longitudinală și o capacitate transversală. Circuitul echivalent este redat în fig. 27.1. Dacă nu se ține seama de pierderile care pot apare, impedanța caracteristică $Z_c$ se calculează cu relația

Fig. 27.1. Schema echivalentă a unei linii bifilare

$$Z_c = \sqrt{\frac{L}{C}} \; [\Omega] \quad (27.1)$$

Dacă $Z_c$ este real, impedanța caracteristică nu depinde de frecvență sau de lungimea liniei. Din egalitatea de mai sus rezultă că pentru un $L$ mare se obține o impedanță caracteristică mare iar pentru o capacitate mare o impedanță caracteristică mică. Practic, conductoarele subțiri au o inductanță $L$ mare și pentru o distanță mai mare între ele ($C$ mică) vor determina o impedanță

caracteristică mare. Din contră pentru conductoare groase ($L$ mic) și distanță mică între ele ($C$ mare) vor determina o impedanță caracteristică mică.

*Reținem: Impedanța caracteristică a unei linii este determinată în principal de diametrele conductoarelor și de distanța dintre ele.*

Cum de regulă liniile de transmisiuni sînt formate din conductoare paralele (linii bifilare) sau concentrice (cabluri coaxiale), vom avea două relații de determinare a impedanței caracteristice.

Pentru linii bifilare

$$Z_c = 276 \lg \frac{2D}{d} \qquad (27.2)$$

iar pentru cabluri coaxiale

$$Z_c = 138 \lg \frac{D}{d} \qquad (27.3)$$

unde $D$ și $d$ au semnificațiile din figura 27.2.




Fig. 27.2. Secțiune într-o linie bifilară (a) și un cablu coaxial (b).

În tot ce s-a considerat pînă acum dielectricul dintre conductoare este aerul (constanta dielectrică a aerului $\varepsilon = 1$). Liniile de transmisiuni produse industrial au conductoarele introduse în materiale izolante cu o constantă dielectrică mai mare decît a aerului $\varepsilon > 1$.

În felul acesta impedanța caracteristică a unei linii bifilare devine

$$Z_c = \frac{276}{\sqrt{\epsilon_r}} \lg \frac{D}{d} \qquad (27.4)$$

*Exemplu.* O linie bifilară formată din conductoare de cupru cu un diametru de 2 mm, situate la distanța $d = 1{,}41$ cm, într-o bandă de polietilenă de vinil ($\epsilon_r = 3$) are impedanța caracteristică

$$Z_c = \frac{276}{\sqrt{3}} \lg \frac{1{,}41}{2} = 159{,}6 \cdot 1{,}505 = 240$$

Iar pentru cabluri coaxiale impedanța caracteristică se calculează cu relația

$$Z_c = \frac{138}{\sqrt{\epsilon_r}} \lg \frac{D}{d} \qquad (27.5)$$

*Exemplu.* Un cablu coaxial care este format dintr-un conductor central de cupru cu diametrul de 0,5 mm și dintr-un conductor exterior de diametru 3,75 mm umplut cu polietilenă de vinil ($\epsilon_r = 3$) are o impedanță caracteristică.

$$Z_c = \frac{138}{\sqrt{3}} \lg \frac{3{,}75}{0{,}5}\ 79{,}7 \cdot 0{,}877 = 70\ \Omega$$

Trebuie să reținem că în practică liniile bifilare au impedanțe caracteristice mari (sute de Ohmi), iar cablurile coaxiale au impedanțe caracteristice mici (sub 100 Ω).

Impedanța caracteristică nu se poate determina cu mijloace simple precum voltampermetrul. Dacă avem la îndemînă o punte LC putem afla

impedanța caracteristică a unui cablu sau unei linii bifilare. Se întinde un tronson de cablu cît se poate de lung și se măsoară la un capăt capacitatea dintre firul central și manta. Apoi se scurtcircuitează cablul la celălalt capăt și se măsoară inductanța $L$. Valorile măsurate se înlocuiesc în relația 27.5. La fel vom proceda și cu o linie bifilară dar va fi nevoie ca banda bifilară să fie cît mai bine degajată față de corpurile metalice.

## 27.2. Linii bifilare

Cea mai ieftină, dar și cea mai lipsită de pierderi este linia bifilară cu dielectric aer. Radioamatorii folosesc această linie în unde scurte și o construiesc singuri. Cele două conductoare sînt distanțate la cca 8–20 cm cu ajutorul unor distanțiere din polistiren, ebonită, lemn fiert în parafină montate la intervale egale. Ceea ce rezultă are denumirea de *feeder* denumire care s-a extins și la celelalte linii de alimentare a antenelor.

Pentru a construi o linie cu o anumită impedanță caracteristică se determină raportul $D/d$ în funcție de valoarea lui $Z_c$. Vom utiliza diagrama din fig. 27.3. Din motive mecanice impedanța caracteristică a unei linii astfel construite se limitează la 500–600 Ω. Pentru valori mai mici distanțierele sînt prea scurte și apare pericolul ca cele două conductoare să se scurtcircuiteze.

Liniile bifilare de calitate mai bună au puntea din polietilenă dar au o durată de viață scurtă. Starea vremii și variațiile de temperatură, razele ultraviolete duc la îmbătrînirea dielectricului și impun schimbarea liniei la doi ani.

Apoi depunerile de murdărie, bruma și chiciura influențează negativ impedanța caracteristică și vor duce la creșterea pierderilor. Impedanța caracteristică este influențată și de apropierea maselor metalice și de aceea trebuie luate măsuri de instalare distanțată a liniei.

O îmbunătățire a calităților unei linii în comparație cu o bandă bifilară o constituie linia simetrică în tub de polietilenă. Stabilitatea este îmbunătățită iar influența factorilor externi este mai mică. La montarea unei astfel de linii vom acorda o atenție deosebită punctelor de conexiune care rămîn în aer liber și vor trebui bine izolate.

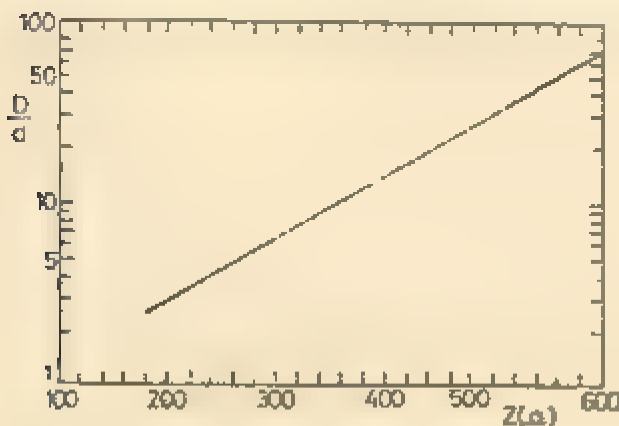
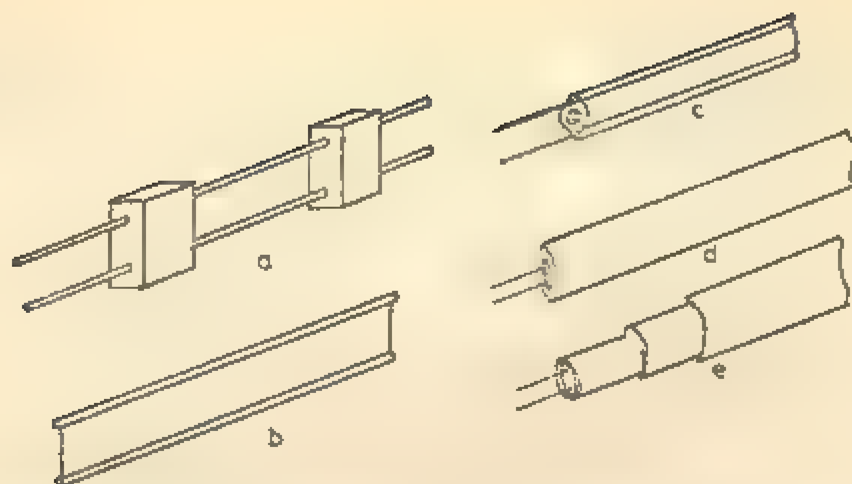



**Fig. 27.3.** Impedanța caracteristică a unei linii bifilare în scăriță.

Fig. 27.4. Linii simetrice.




O altă îmbunătățire a liniilor simetrice este linia cu miez de polietilenă celulară. Această linie păstrează în mare măsură calitățile electrice și are o stabilitate mecanică bună. O astfel de linie poate fi utilizată și în domeniul UIF.

Cea mai bună formă de prezentare este linia simetrică în tub de polietilenă celulară ecranată suplimentar. Această linie corespunde tuturor exigențelor și se poate instala fără dificultăți. Ecranul din împletitură de sîrmă elimină aproape complet perturbațiile. Linia bifilară ecranată are impedanța caracteristică între 120 și 240 Ω, o atenuare mai mare și un preț relativ ridicat. De cele mai multe ori liniile cele mai scumpe sînt și cele mai bune.

## 27.3. Cabluri coaxiale

În figura 27.5 este dată o vedere de ansamblu a cablurilor coaxiale. Un astfel de cablu are în interior un conductor de cupru masiv sau liţat. În jurul acestui conductor este depus un dielectric din masă plastică cu calități izolante foarte bune peste care este dispus conductorul exterior format din ecran lițat. Conductorul exterior este acoperit la rîndul său de o cămașă izolatoare în scopul protejării cablului față de influențele mediului înconjurător. Cămașa exterioară este de obicei din PVC sau polietilenă. Există și cabluri care au mai multe învelișuri, ecran și dielectric și sînt destinate unor cerințe înalte.

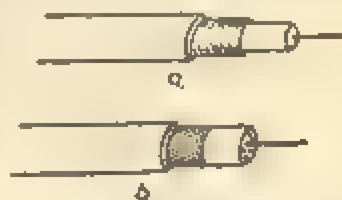



Fig. 27.5. Cabluri coaxiale: a) cu dielectric compact; b) cu dielectric spongios.

În cel mai simplu caz dielectricul este compact. Cablurile moderne au un dielectric ce păstrează un spațiu gol. Prin aceasta se îmbunătățesc proprietățile electrice, dar trebuie să fim foarte atenți la etanșarea sa.

Un cablu foarte bun are dielectricul din polietilenă spongioasă, iar conductorul exterior este o folie metalică sudată longitudinal. Acest cablu îndeplinește și cele mai înalte exigențe.

Liniile de transmisiuni sînt influențate cel mai mult de motoarele cu aprindere prin scînteie. Cablurile coaxiale sînt rezistente la perturbații mai ales cablurile fără spații libere în ecran.

Cablurile coaxiale se recomandă necondiționat în domeniile de FIF și UIF. De asemenea trebuie să reținem că în principiu cablul al cărui conductor intern este masiv are pierderile mai mici decît un cablu al cărui conductor intern este lițat.

Vom alege mereu un cablu mai gros cu diametrul între 5 și 10 mm. Trebuie amintit că atenuarea unui cablu crește o dată cu creșterea frecvenței. Toate cablurile coaxiale au o variație a atenuării aproape identică. În schimb liniile simetrice neecranate prezintă o creștere foarte pronunțată o dată cu creșterea frecvenței și dependent de condițiile meteorologice.

Utilizarea cablurilor coaxiale oferă avantaje serioase dar apare necondiționat problema adaptării și simetrizării lor.

În general, antenele cu dipoli au o structură simetrică și este nevoie de dispozitive care să realizeze atît simetrizarea cablurilor cît și adaptarea corectă a impedanțelor caracteristice. Aici vom spune doar că liniile simetrice au impedanțele caracteristice între 240 Ω și 300 Ω iar cablurile coaxiale impedanțe caracteristice între 50 Ω și 75 Ω. În țara noastră sînt standardizate cablurile de 50 Ω și 75 Ω, în alte țări existînd și alte valori precum 60 Ω sau 70 Ω. Despre simetrizări și adaptări vom trata într-un capitol separat.

## 27.4. Atenuarea liniilor de radiofrecvență

Spre deosebire de impedanța caracteristică, atenuarea liniilor de radiofrecvență crește odată cu frecvența.

Din cauza efectului pelicular (circulația curenților de radiofrecvență la suprafața conductorului) rezistența longitudinală a conductoarelor unei linii RF este sensibil mai mare decît rezistența lor în curent continuu. Firmele producătoare oferă mai întotdeauna curbele atenuărilor pe suta de metri la diferite frecvențe. Acestea sînt date în dB/100 m. În cazul unor linii lungi este bine să facem un bilanț energetic al instalației de antenă pentru a nu avea surpriza unor pierderi prea mari.

## 27.5. Distribuția tensiunii pe liniile de radiofrecvență

Condiția de bază care trebuie îndeplinită pentru o linie de radiofrecvență este transferul maxim de putere. Acesta se poate realiza dacă este respectată condiția de adaptare: rezistența internă $R_i$ a generatorului (etajul final al emițătorului) este egală cu impedanța caracteristică $Z_c$ a liniei și cu rezistența de sarcină $R_a$ a consumatorului (impedanța de intrare a antenei). Deci:

$$Z_c = R_i = R_a$$

Socotim că s-a realizat adaptarea. În acest caz pierderile se limitează la pierderile în cupru și în dielectric iar tensiunea și curentul se distribuie uniform de-a-lungul liniei.

Dacă se îndepărtează rezistența de sarcină linia rămîne în gol ($R_s = \infty$). În acest caz energia debitată de emițător nu are consumator și va fi reflectată înapoi. Pe linie apare o undă directă și o undă reflectată. În lungul liniei se distribuie puncte de maxim și minim ale tensiunii. La capătul în gol fiind totdeauna un maxim. Aici nu poate circula un curent și deci aici curentul va fi nul. Acolo unde avem un maxim de tensiune vom avea un minim de curent și invers, curentul și tensiunea fiind decalate cu 90°. Această distribuție a tensiunii și curentului pe o linie este numită cu termenul de *unde staționare*. Unde staționare apar ori de cîte ori unda reflectată este importantă ca mărime.

Pentru o linie se definește *raportul de undă staționară* ca raportul dintre tensiunea maximă și tensiunea minimă

$$s = \frac{U_{max}}{U_{min}};\ s \geq 1$$

Valoarea sa este întotdeauna egală sau mai mare decît unitatea. În cazul adaptării apare o undă progresivă și nici o reflexie și deci $s = 1$.

Se mai definește și *factorul de adaptare* care este inversul factorului de undă staționară

$$m = \frac{U_{min}}{U_{max}} = \frac{1}{s}$$

Să presupunem acum că scurtcircuităm capătul liniei ($R_s = 0$). Față de linia în gol, maximele și minimele se vor deplasa cu $\lambda/4$ și deci la capăt vom avea tensiune nulă.

Stările de gol și de scurtcircuit sînt stări extreme, dar să vedem ce se întîmplă, cînd linia se închide la un capăt cu $R$ care nu este nici nulă nici infinită.

Dacă $R_s > Z_c$ o parte din energie este absorbită de această sarcină și numai un rest se reflectă înapoi provocînd unde staționare. Raportul de undă staționară este mult mai mic decît în cazul liniei în scurt sau în gol, și nu mai apar puncte de nul.

Pentru $R_s < Z_c$ la capătul liniei vom avea un minim de tensiune spre deosebire de cazul $R_s > Z_c$ cînd avem un maxim de tensiune.

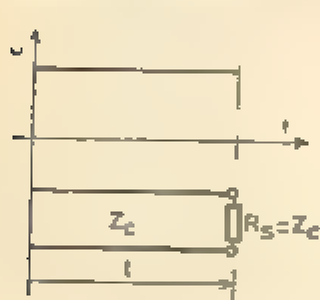


Fig. 27.6. Distribuția tensiunii pe o linie adaptată.

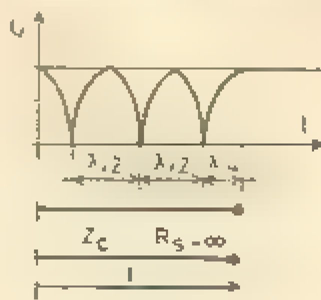


Fig. 27.7. Distribuția tensiunii pe o linie în gol $R_s = \infty$

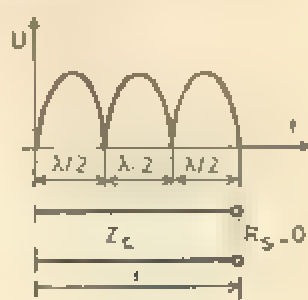


Fig. 27.8. Distribuția tensiunii pe o linie în scurt circuit $R_s = 0$

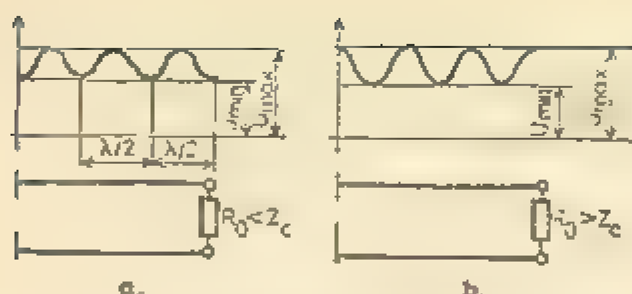



Fig. 279. Distribuţia tensiunii pe o linie neadaptată. a) $R_s < Z_c$, b) $R_s > Z_c$.

Pentru o linie terminată pe o rezistenţă de sarcină $R_s$ pur ohmică (fără componente reactive) se defineşte factorul de reflexie

$$r = \frac{R_s - Z_c}{R_s + Z_c}$$

Dacă $R_s > Z_c$ factorul de reflexie este pozitiv, iar pentru $R_s < Z_c$ este negativ.

Între factorii $s, r$ şi $m$ există relaţiile:

$$s = \frac{1 + r}{1 - r} \text{ şi } m = \frac{1 - r}{1 + r}$$

Pentru a înţelege mai bine să luăm cîteva exemple numerice.

*Problemă:*

O linie bifilară are $Z_c = 300\,\Omega$ şi alimentează o antenă cu o rezistenţă la bază $R_a = 600\,\Omega$. Să calculăm factorul de reflexie $r$

$$r = \frac{600 - 300}{600 + 300} = \frac{300}{900} = \frac{1}{3}$$

Unda reflectată are o amplitudine de trei ori mai mică şi aceeaşi polaritate cu unda directă.
Să presupunem acum că $R_a = 60\,\Omega$. Factorul de reflexie $r$ este:

$$r = \frac{60 - 300}{60 + 300} = \frac{-240}{360} = -\frac{2}{3}$$

În acest caz amplitudinea undei reflectate este 66% din cea a undei directe şi are o polaritate inversă.
Să vedem ce se întîmplă în cazul adaptării $R_a = Z_c = 300\,\Omega$

$$r = \frac{300 - 300}{300 + 300} = 0$$

Aceasta înseamnă că nu avem undă reflectată.

Pînă acum am presupus că linia s-a închis pe o rezistenţă pură, dar în realitate mai apar şi sarcini care în afara părţii rezistive mai prezintă şi reac-

tanța pozitivă (inductanță $X_L$) sau negativă (capacitate $X_C$). Astfel de situații apare cînd antena nu rezonează pe frecvența emițătorului. Adaptarea se realizează modificînd lungimea antenei sau compensînd reactanța sa capacitivă [illegible] corespunzătoare și invers.

## 27.6. Alimentarea antenelor

[illegible] alimentare a antenelor: alimentare prin linie acordată și alimentare prin linie adaptată. [illegible] este necesar să se realizeze o alimentare mixtă.

În [illegible] se lucrează [illegible] cu linii adaptate [illegible] domeniul undelor scurte cu linii de alimentare acordate.

### 27.6.1. Linii adaptate

Dacă pe linia de alimentare [illegible] de adaptare tensiunea și curentul se [illegible] De aceea nu apar [illegible] linie adaptată [illegible] de lungime. Dar la [illegible] dependentă de frecvență [illegible] pierderile prin radiație.

In liniile adaptate se propagă numai undă progresivă. Dacă facem [illegible] de adaptare apar [illegible] sau mai mult [illegible] de undă staționară [illegible] 2 este [illegible] următor

### 27.6.2. Linii acordate

P[illegible] Pentru [illegible] impedanță [illegible] diferența de fază se datorește faptului că [illegible] componente inductive $X_L$ sau capacitive $X_C$ care determină sensul defazajului.

Variația impedanței caracteristice se poate reprezenta în funcție de lungimea de undă λ. [illegible] de tensiune și curent [illegible] intervale de [illegible] astfel o linie acordată [illegible] lungime egală cu un multiplu întreg de λ/4 (de exemplu 3λ/4).

[illegible] distribuția tensiunii și a curentului [illegible] două conductoare [illegible] de curent [illegible] distanța [illegible]

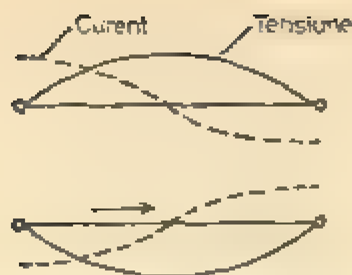



Fig. 27.10. Unde staționare într-o linie bifilară cu lungimea λ/2.

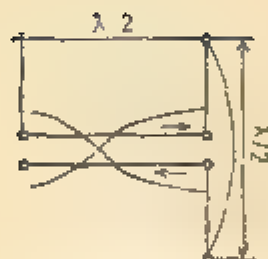



Fig. 27.11. Alimentarea antenei cu o linie acordată.

Cum știm, impedanța caracteristică a unei linii este proporțională cu distanța dintre conductoare. De aceea o linie cu impedanță mică (interval mic) va radia mai puțin decît o linie cu impedanță mare (interval mare).

Se mai poate deduce că la intrare și ieșirea unei linii în λ/2 avem practic aceeași impedanță, sau altfel spus impedanța de intrare a antenei va fi transmisă în raportul 1 : 1 la celălalt capăt al liniei.

RECȚINEM: *Antena conectată la capătul unei linii în λ/2 nu trebuie să fie adaptată deoarece impedanța sa se transmite integral la celălalt capăt unde se pot lua măsuri simple de adaptare a etajului final al emițătorului sau a circuitului de intrare al receptorului.*

În figura 27.11 dipolul și linia de alimentare au aceeași frecvență de rezonanță iar impedanța dipolului se resimte cu aceeași valoare la celălalt capăt a liniei. Acolo va trebui adaptată impedanța de ieșire a emițătorului.

Despre adaptarea antenelor și cuplarea lor vom trata în capitolul următor.

Capitolul 28

# Adaptarea și simetrizarea

După ce ne-am [illegible] de [illegible] le antenelor [illegible] vedem acum care sînt măsurile care se pot [illegible] pentru adaptarea la [illegible] impedanța antenelor.

Pentru liniile acordate [illegible] de nici un [illegible] deoarece ele însele sînt un mijloc de adaptare.

Ca [illegible] alimentare cu impedanță caracteristică egală cu impedanța [illegible] și nu ne rămîne decît să realizăm adaptarea [illegible] spre emițător sau receptor.

[illegible] procedeele de adaptare în T, în Δ sau în Ω.

## 28.1 Dispozitivul de adaptare în T

Acest dispozitiv se folosește pentru [illegible] însuși fiind simetric (fig. 28.1). [illegible] sînt prinse cu bride [illegible] care se fixează [illegible] galvanic

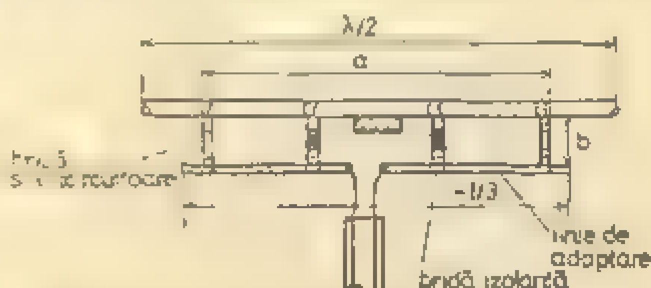



Fig. 28.1. Dispozitiv de adaptare în T

de [illegible] de alimentare simetrică (240–600 Ω) se cuplează la cele două [illegible] adaptare. Dimensiunile calculate pentru fiecare bandă alocată radioamatorilor [illegible] sînt date în tabelul de mai jos.

| Banda MHz | a mm | b mm | $l_1$ mm | $l_2$ mm | $C_1$ pF | C pF |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | 3940 | 20,7 | 1400 | 850 | 150 | 85 |
| 21 | 2620 | 129 | 1200 | 650 | 80 | 30 |
| 28 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 144 | 480 | 50 | 150 | — | 35 | — |

Br[illegible] e externe sînt [illegible] Nu trebuie uitat că d[illegible] bi[illegible] de trei ori mai mare de[illegible] diametrul radiatorului.

Impedanța maximă pe [illegible] ca distanței dintre traversă și capetele radiatorului.

## 28.2. Dispozitivul de adaptare în Gamma

Acest dispozitiv se utilizea[illegible] directive sime[illegible] impedanța [illegible] coaxial. De fapt este [illegible] dispozitiv de adaptare în [illegible] tresa cablului se [illegible] la mijlocul radiatorului [illegible] la statorul unui condensator variabil al cărui rotor [illegible] de adaptare. Adaptarea optimă se caută prin deplasarea b[illegible] până se obține un minim al undei reflectate. Cu ajutorul condensatorului variabil se caută o [illegible] reactive. [illegible] bună [illegible] variabil.

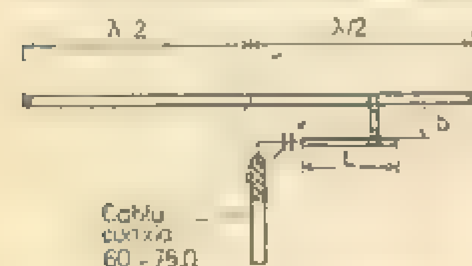



Fig. 28.2. Dispozitivul de adaptare în Gamma.

## 28.3. Dispozitiv de adaptare în Omega

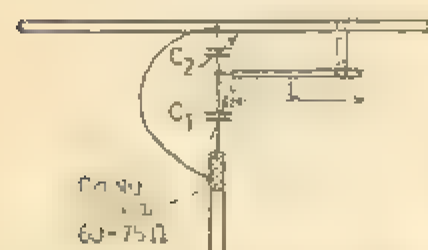



Fig. 28.3. Dispozitiv de adaptare în Omega.

După cum se vede din figură dispozitivul de adaptare în Omega nu diferă prea mult de cele precedente. Acesta oferă avantajul că nu mai trebuie reglat prin deplasarea bridei scurtcircuitoare ceea ce era [illegible] de realizat [illegible] se realizează [illegible] condensatori variabili. După realizarea adaptării condensa[illegible] condensatori [illegible] la acord.

## 28.4. Transformatoare de impedanță

Cele mai multe antene d[illegible] ar fi foarte [illegible] să fie alimentate cu [illegible] sînt avantajele [illegible] de cablare [illegible] antenei este [illegible] cablului face [illegible] de deasupra, în cazul

emisiei poate a[illegible] ...ță între radiația antenei și radiația prin tresa ecran a [illegible]

Pe[illegible] ...axial se intercalează între antena și cablu [illegible] ...de m[illegible]oarte sau dispozitive de simetri[illegible] ...numite Balun, o [illegible] ...rlare de la *balanced* — [illegible]

## 28.4.1. Simetrizorul liniar

Simetriz[illegible] ... S[illegible] re[illegible] ... segmentului sînt date în tabelul de mai jos.

| Banda MHz | lungimea 50 | segmentului 75 |
|---|---|---|
| 14 | 3470 | 4250 |
| 21 | 2[illegible]00 | 2830 |
| 28 | 1[illegible]40 | 2100 |

Acest dispozitiv are un raport de transfor[illegible] 1

[illegible]

de transformare 4 1




Fig. [illegible]4. Simetrizoare liniare: *a*) raport 1:1; *b*) raport 1:4

În banda de [illegible] ...Ω

Lungimea [illegible] ...formula

$$[illegible] = \frac{[illegible]}{[illegible]} V_k$$

unde f este [illegible] ... și $V_k$ [illegible] ...Ω și $V_k = 0,6$ pentru cablul de 50 Ω.

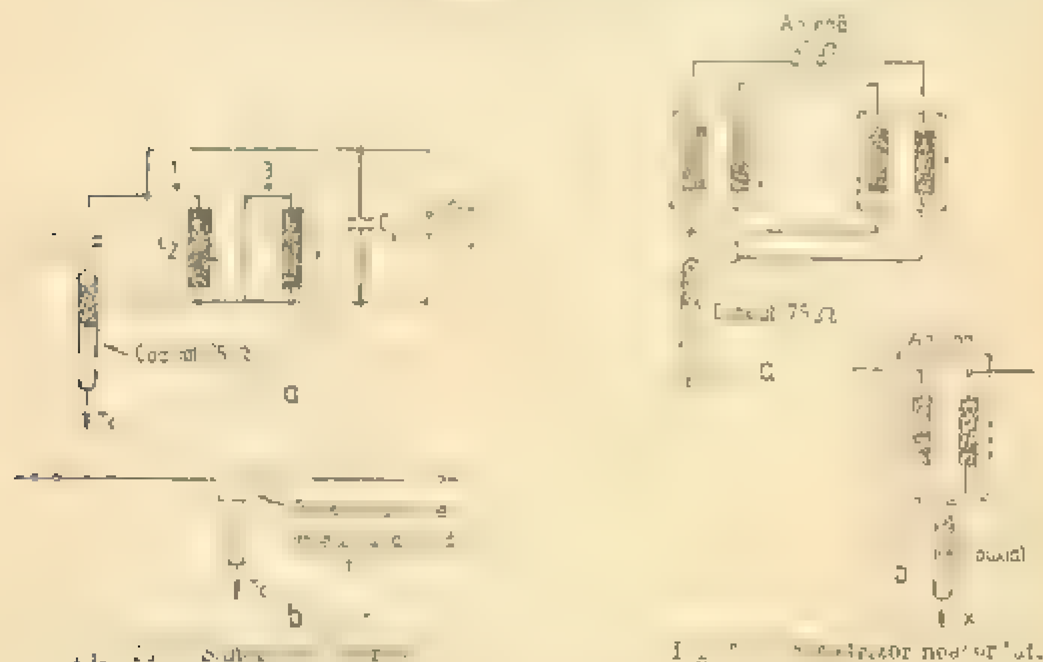
## 28.4.2. Simetrizorul acordat

Acest simetrizor se folosește [illegible] care alimentează antene de aceeași impedanță de [illegible] Ω. Din [illegible] simetrizorul acordat lucrează numai [illegible] propriu-zis se realizează din [illegible] o bobină cu înfășurare [illegible] diametrul de 0,6 mm iar distanța [illegible] spire [illegible] mm. [illegible] seamă de [illegible] de [illegible] ale [illegible] fig. 28.5 [illegible] Montajul se introduce [illegible] antenei dipol.

[illegible] mai jos [illegible] pentru [illegible] acestor simetrizori în toate benzile de unde scurte.

| Banda MHz | $L_3$ și $L_4$ spire | $C_1$ pF | $C_2$ pF | Carcasa mm |
|---|---|---|---|---|
| 3,5 | 8 | 62 | 4500 | 60 |
| 7 | 8 | — | 1000 | 60 |
| 14 | 3 | 39 | 1000 | 50 |
| 21 | 3 | 15 | [illegible] | 50 |
| 28 | 3 | 4 | 420 | 50 |

Pentru banda de 28 MHz se poate realiza un dipol cu brațele de cîte 4,52 m prevăzut cu un ast[illegible]etrizor dipolul dă rezultate foarte bune.




[illegible] [illegible]trizor neacordat.

## 28.4.3. Simetrizorul neacordat

[illegible] pentru adaptarea

[illegible] antene cu impedanța de 24[illegible] Ω la cablul coaxial de 75 Ω uzual la noi în țară.

Dispozitivul se compune din două bobine identice bobinate bifilar pe o [illegible] cu diametrul de [illegible] mm. Conductorul este o bucată de cablu de rețea cu lungimea de 2,3 m.

Cele două bobine se conectează ca în schema din figură. Dispozitivul se poate monta și la distanță față de baza antenei cu ajutorul unei linii bifilare dar lungimea acesteia nu trebuie să depășească 2[illegible] m.

## 2.8.[illegible] Transformatoare de impedanță cu miezuri de ferită

Utilizând miezurile de ferită toroidale sau în formă de bară se pot realiza transformatoare de impedanță de gabarit redus, bandă largă și cu rapoarte diverse 1:1, 4:1 și chiar [illegible]. Limitarea de bandă rezultă din faptul că odată cu creșterea frecvenței permeabilitatea feritei scade.

Feritele toroidale sunt construite astfel ca să se păstreze un raport constant [illegible] diametrul exterior, diametrul interior și [illegible]. Diametrul exterior [illegible] determină puterea maximă de radiofrecvență la care poate lucra un transformator de acest fel.

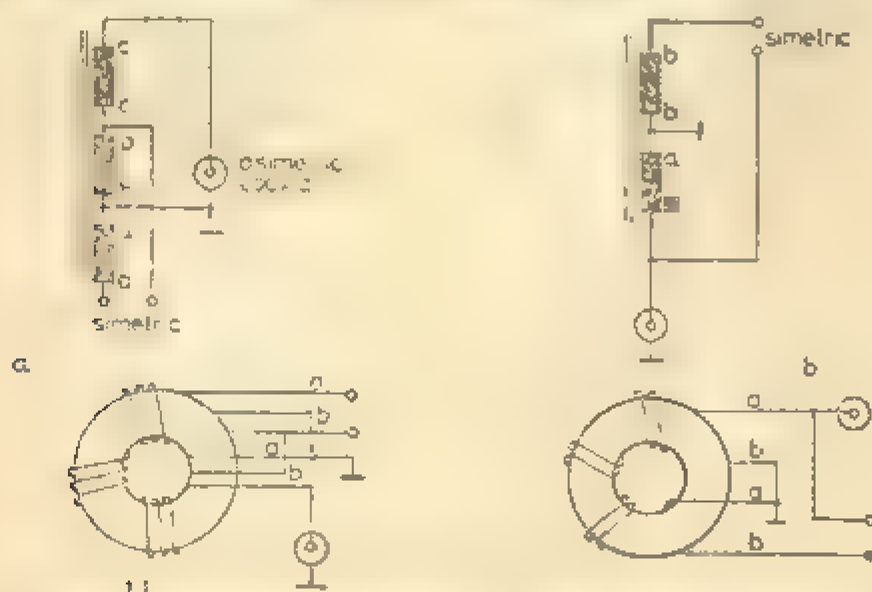



Fig. [illegible] Transformatoare de impedanță pe [illegible]
b) n = 4:1

În fig. 2.[illegible] este reprezentată schema unui transformator care are raportul 1:1 și se realizează prin [illegible] trifilară [illegible] de diametru [illegible]–1 mm. Pentru benzile de 3,5 și 7 MHz se bobinează 14 spire iar pentru celelalte benzi de unde scurte numai 8 spire.

De multe ori este necesară adaptarea de la 24[illegible]–300 Ω la 60–75 Ω. În acest caz se recurge la un transformator cu raportul de transformare 4:1. Din figura alăturată bobinajul este bifilar cu 15 spire pentru 3,5 și 7 MHz și 10 spire pentru celelalte benzi de unde scurte.

## 28.5 Cuplajul liniei de alimentare la etajul final al emițătorului

Pentru ca cea mai mare parte a puterii emițătorului să fie transmisă din etajul final prin linia de alimentare la antenă se cer îndeplinite două condiții:

— antena să constituie pentru emițător (generator) o rezistență pură;

— impedanța antenei să fie adaptată la impedanța etajului final al emițătorului.

Prima condiție este îndeplinită dacă emițătorul oscilează pe frecvența de rezonanță a antenei. Cum între [illegible] se află o linie de alimentare, este necesar ca aceasta [illegible] rezonanță. Condiția a doua se îndeplinește prin adaptare. Aceasta este [illegible] în cele ce urmează.

Impedanța la ieșirea unui amplificator final cu tuburi [illegible] este de ordinul [illegible] impedanța [illegible] variază [illegible] Ω. Impedanța de sarcină [illegible] electronic [illegible] etaj final [illegible] catalogul [illegible] tub.




[illegible]

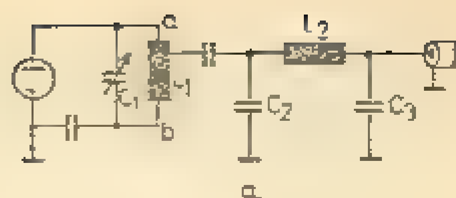
Să [illegible] Impedanța liniei $Z_L$ [illegible] $Z$. Vom avea nevoie să realizăm un raport de transformare

$$n = \sqrt{\frac{Z}{Z_L}}$$

De [illegible] raport [illegible] linia de alimentare [illegible].

[illegible] pentru cuplaj, [illegible] armonicilor [illegible] care ar putea perturba [illegible] de radiodifuziune și televiziune. [illegible] chiar dacă [illegible] adaptate [illegible] cu impedanța caracteristică de 50—75 Ω.

Unul dintre cele mai simple procedee de cuplaj este [illegible] în figura 28 [illegible]. Bobina de cuplaj $L_c$ este [illegible] foarte strâns [illegible] a etajului final. Pe frecvența de lucru [illegible] bobinei de cuplaj trebuie să [illegible] cu impedanța caracteristică a [illegible] coaxial. Pentru a [illegible] capacitive parazite bobina $L_c$ trebuie cuplată la capătul rece al bobinei $L$.







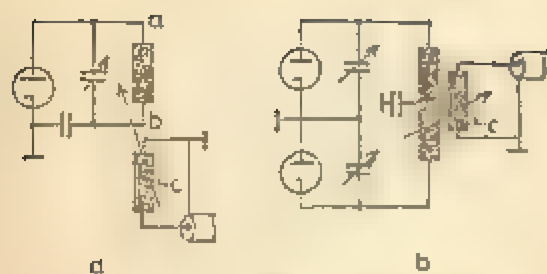



Fig. 28.9. Cuplajul un[ui] cablu coaxial: *a*) etaj final monotact; *b*) [illegible]

Fig. 28.10. Cuplaj prin filtru π. *a*) cu- [illegible]

În cazul unui etaj final în contratimp [illegible] trebuie să fie simetric. Bo[bina] de cuplaj [illegible] [illegible] circuitul [illegible] [illegible] [illegible] este [illegible]

Pentru a evit[a] [illegible] [illegible] un condensator variabil $C$, care [illegible] pe frecvența de [illegible] și va contribui la atenuarea radiațiilor parazite.

Mult[e] [illegible] foarte [illegible] cu un filtru în π numit și filtru Collins. [illegible] cuplajul cablului coaxial [illegible] [illegible] fiind [illegible] filtru foarte eficace [illegible] atenuarea ar[monicilor] — În figura 28.[10] sînt date cele două [illegible] de [illegible] a unui filtru Collins cu [illegible] [illegible] și cu [illegible] fie [illegible] al unui astfel de filtru depinde [illegible]

Capitolul 29

# Alegerea unei antene U.S.

Mai întotdeauna începătorul se află în fața unei mari diversități de antene. Și cum să aleagă pe cea mai potrivită? Întreabă pe cel [illegible] radioamator și acesta îi va [illegible] de regulă antena pe care o folosește el și **care desigur este cea mai bună.**

Deși există mulți partizani ai „antenei minune" trebuie precizat că aceasta nu există, mai ales pentru a se evita eforturile fără sens [illegible] în căutarea [illegible]. Fizica a impus unele limite peste care nu s-a trecut **nici la construcțiile profesionale.**

De multe ori ne putem înșela asupra unei antene [illegible] condiții favorizante [illegible] este posibil ca în acel loc și în condițiile propagării din acel moment [illegible] rezultate. Calitatea unui loc de instalare depinde de mai mulți factori [illegible] pe o rază de 1 km, conductivitatea solului, suprafețele de apă din împrejurimi, [illegible]. Acestea din urmă dau reflexii difuze [illegible] pe direcția de radiație a antenei. [illegible] o antenă [illegible] locul de instalare [illegible] **funcție de cîștigul dat în dB.**

[illegible] poate profita [illegible] a putut construi o antenă direcțională pentru [illegible] produce un [illegible] mai puternic ce poate fi recepționat și cu antene simple.

Dar nu numai antena și locul de instalare sînt hotărîtoare [illegible] gradul de [illegible] radio.

Considerentele de mai sus [illegible] sperăm să vă [illegible] generală asupra [illegible] antene [illegible] Deci [illegible] clase de antene [illegible].

## 29.1. Radiatori în semiundă

Radiatorii în semiundă radiază preferențial perpendicular pe axa lor, [illegible] cum se vede și în diagrama [illegible]. Aceste antene sînt [illegible] dipolul [illegible] în semiundă [illegible]. La acestea se [illegible] W3DZZ, antena Zeppelin și antena Windom.

Aceste antene sînt aproape asemănătoare în privința eficacității, diferențele apărînd numai la modul de alimentare care poate influența diagrama de directivitate și în plan orizontal și unghiul de [illegible] în plan vertical.

Trebuie ținut seamă că aceste antene se alimentează cu linii de impedanță joasă și [illegible] adaptate, [illegible] emisiunile de radio sau televiziune. [illegible] de la emițător, iar antena și linia ei de alimentare le [illegible]. De aceea se vor prefera antenele alimentate prin cabluri coaxiale, [illegible] antena W8DZZ și dipolul [illegible]

## 29.2. Antene fir lung (long wire)

Aceste antene sînt [illegible]

— antena „long wire"

— antena în V

— antena rombică

[illegible] pot beneficia de avantajele lor.

[illegible]

## 29.3. Antene cu radiație laterală

[illegible] numai o singură direcție de radiație.

## 29.4. Antenele rotative

[illegible] mecanismul de antrenare sigur.

## 29.5. Antene verticale

Antenele verticale sînt cele mai „economice" din punct de vedere al locului de instalare. Cea mai răspîndită antenă verticală este Ground plane care cu toate că are o diagramă de radiație circulară prezintă şi cîştig şi dă rezultate bune pentru traficul de DX datorită unghiului mic de elevaţie. Una dintre cele mai bune forme constructive ale acestei antene are radiatorul vertical în $\frac{5\lambda}{8}$. Antenele verticale au dezavantajul cerinţei unei foarte bune prize de pămînt. Aceasta se poate înlocui cu aşanumita contragreutate formată de o plasă de sîrmă sau însuşi acoperişul metalic al casei. Cu aceasta am încheiat prezentarea generală a variantelor de antene destinate radioamatorilor pentru benzile de unde scurte.

## 29.6. Date constructive

### Radiatori în semiundă

### 29.6.1. Antena Y

Antena Y este un dipol [illegible]. Funcţionează [illegible].

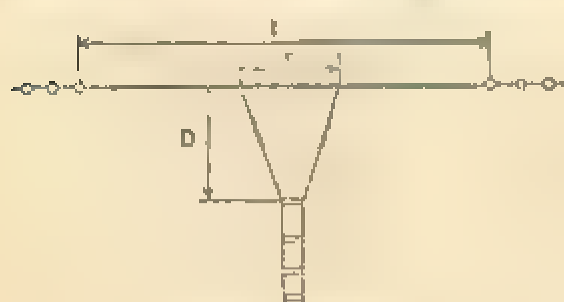


Fig. 29.1. Antena Y

$$l = \frac{142\,500}{f\ kHz}$$

Este nevoie de o adaptare în Delta la o linie de 600 Ohmi. Dimensiunile din fig. 29.1 se calculează cu relaţiile:

$$A = \frac{3\,600}{f\ kHz}; \quad D = \frac{[illegible]}{f\ kHz}$$

Firul dipolului se confecţionează [illegible] 2 mm şi [illegible] de [illegible].

### 29.6.2. Dipolul îndoit

Aceste antene sînt mai des folosite în UUS. În unde scurte [illegible]. Se poate folosi şi [illegible] impedanţa caracteristică de [illegible] Ohmi

Fig. 29.2. Antena dipol îndoit.



Antena se poate alimenta şi cu cablu coaxial dacă se foloseşte un transformator cu rap[illegible] 4:1. Dimensiunile distanţoarelor sînt:

| | |
|---|---|
| 20 cm | 3,5 MHz |
| 150 mm | 7 MHz |
| 100 mm | 14 MHz |
| 80 mm | 21 MHz |
| 50 mm | 28 MHz |

Lungimea dipolului $l = 0{,}95\ \lambda/2$

## 29.6.3. Antena Windom

Această antenă este [illegible] foarte [illegible] şi datorită [illegible] a faptului că fiderul este monofilar.

A[illegible] de 1 – 2 [illegible] pentru o [illegible] de [illegible] fiderului 600 Ω [illegible] prin [illegible] fig. 2[illegible] C[illegible] de 1[illegible] pF [illegible] de [illegible] mm [illegible] este trecut în tabel. [illegible]



[illegible] 29.3. Antena Windom

Cuplajul la etajul final al emițătorului se realizează cu un cablu coaxial care are la fiecare capăt cîte o bobină 2–3 spire din fir de cupru de 2 mm bobinate pe o carcasă de 30 mm. Cuplajul este foarte strîns între cele două bobine (link) și ansamblul se montează într-o cutie de aluminiu fixată în locul de ieșire al firului spre exterior.

## 29.6.4. Antena multibandă W3DZZ

Această antenă este foarte indicată în mediul urban aglomerat unde radioamatorii trebuie să se mulțumească cu compromisuri.

Antena din fig. 29.4 este un dipol alimentat cu un cablu coaxial fără dispozitive de adaptare. Dipolul este excitat pe o frecvență de bază și către fiecare extremitate a acestuia spre capătul dipolului sînt intercalate circuite oscilante care

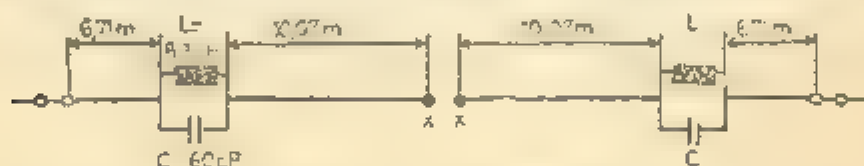



Fig. 29.4. Antena W3DZZ

sînt astfel construite pentru ca dipolul în secțiune să poată rezona în gama de 40 m. În gama de 80 m aceste circuite funcționează ca o inductanță, lungind dipolul, iar în benzile superioare au comportare de capacitate.

Antena este formată din patru segmente radiante perechi. Între segmente se montează cîte un circuit oscilant format dintr-o bobină de 8,3 µH și un condensator de 60 pF. Bobina se realizează prin înfășurarea a 19 spire de sîrmă de cupru de 2 mm pe o carcasă de [illegible] mm diametru. Spirele vor fi distanțate și se va realiza un bobinaj pe o lungime de 10 mm.

Antena se va construi cu dimensiunile din figură. Antena alimentată cu un cablu coaxial de 75 Ω cu lungimea de [illegible] m funcționează bine în gamele de 80, 40 și 15 m. Pentru gama de 20 m cablul trebuie să aibă o lungime de 31,10 m. Deci vom lucra cu un cablu de 25,00 m pentru cele trei game și vom adăuga cu ajutorul unei mufe încă [illegible] m de cablu.

Cum am amintit mai înainte antena lucrează pe mai multe game dar nu este indicată pentru vînătorii de DX-uri.

## 29.6.5. Antena „fir lung"

Aceasta este cea mai simplă antenă folosită de radioamatori. Ea începe la panoul de racordare din emițător și se termină la capătul opus. Antena radiază pe toată lungimea ei și pentru a nu pierde prea mult trebuie să nu aibă unghiuri mai mici de 120°. Cu toată simplitatea sa, antena „fir lung" are o directivitate pronunțată iar cîștigul său crește odată cu numărul de jumătăți de lungime de undă. O antenă în λ are un cîștig de numai 0,5 dB dar o antenă cu o lungime de 8 λ are un cîștig de 6,2 dB.

Lungimea antenei se calculează cu formula

$$l_{(m)} = \frac{150(N-0,05)}{f_{(MHz)}}$$

unde $N$ este numărul ales de $\lambda/2$; $f$ = frecvenţa de rezonanţă.

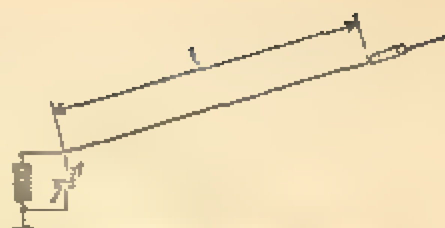



Fig. [illegible] Antena fir lung

## 29.6.6. Antena în V

Antena este formată din doi conductori lungi dispuşi în formă de V [illegible] tal. Această antenă este bidirecţională şi poate fi [illegible] de radioamatorii care dispun de loc mult pentru instalare. Fiind [illegible] această antenă funcţionează în mai multe benzi şi oferă un cîştig de 3 dB faţă de un long wire de aceeaşi lungime. Deoarece dimensiunile sînt foarte mari [illegible] de [illegible] numai pentru antena calculată pentru banda de 15 m. Firele radiante măsoară 64,5 m fiecare şi un cîştig pe fundamentală de [illegible],5 dB. În gama de 15 m cîştigul se ridică la 8 dB şi în banda de 20 m abia la 5 dB. În benzile de 40 şi 80 m, cîştigul antenei cu aceste dimensiuni este foarte slab.

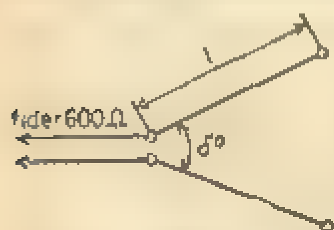



Fig. 29.6. Antena în „V”.

Antena se alimentează cu o linie deschisă de 600 Ω care se racordează la vîrful unghiului. Unghiul dintre conductori realizaţi din sîrmă de cupru cu diametrul de 2 mm, este de 47°.

În încheiere, cu titlu informativ, o antenă în V pentru banda de 40 m are o lungime de 167,2 m pentru fiecare radiant [illegible] 4 λ dar asigură un cîştig de 8 dB.

Deoarece descrierea celorlalte antene pomenite în clasificarea dată mai sus ar necesita mult spaţiu şi mai ales fiindcă antene precum Cubical Quad nu sînt destinate începătorilor vom renunţa să le mai prezentăm.

Capitolul 30

# Traficul radioamatorilor (I)

După parcurgerea atîtor capitole de radioelectronică s-ar părea că [illegible] terminat și putem să ne prezentăm la examen. Dar [illegible] sînt numai [illegible] un examen ca cel de radioamator [illegible] numai stăpînind un bagaj teoretic după [illegible] de a [illegible] un autoturism fără a fi pus mîna pe volan [illegible] candidat [illegible] are statutul [illegible] recep- tor [illegible] de trafic [illegible]

## 30.1. Indicativele de apel

[illegible]

[illegible] indicativ de apel este format [illegible] cifre. De regulă [illegible] litere care reprezintă prefixul [illegible] pentru determinarea [illegible] din țara [illegible]

[illegible] YO [illegible] suflx [illegible] trei litere. Indicativele de apel [illegible] Români [illegible] sufixul format [illegible] litere, iar radioamatorii cu [illegible] trei litere. Stațiile [illegible] club sau [illegible] de radioamatori au [illegible] De exemplu, YO [illegible] este indicativul de apel al stației de emisie [illegible] Radioclubul central din București.

[illegible] de radioamatori din R.S. România:

YO2 Arad, Caraș-Severin, [illegible] Timiș
YO3 Municipiul București
YO4 Brăila, Constanța, Galați, [illegible]
YO5 [illegible] Bihor, Bistrița-Năsăud, Cluj, [illegible] Satu Mare
YO6 Brașov, Covasna, [illegible] Mureș, Sibiu
YO7 [illegible] Dolj, Gorj, [illegible] Vîlcea
YO8 [illegible] Botoșani, [illegible] Suceava, [illegible]
YO9 Ialomița, Ilfov, Prahova, Teleorman

## 30.2. Prefixele de radiocomunicații internaționale

Toate stațiile de radiocomunicații din lume, inclusiv cele ale serviciilor maritime sau aviatice, cît și stațiile radioamatorilor, au indicative formate din prefixe alfanumerice. Acestea cuprind două sau trei litere ori combinații de litere și cifre. De cele mai multe ori prima sau primele două litere provin de la numele țării.

Exemple: pentru Marea Britanie G (de la Great Britain), sau pentru Spania EA — de la España, pentru Franța F — de la France. Pentru a cuprinde un mare număr de stații, fiecare țară are alocat un bloc de combinații de litere, mărimea acestuia depinzînd și de numărul stațiilor din țara respectivă. De exemplu, Suedia are blocul de litere SAA pînă la SMZ, radioamatorilor fiindu-le rezervate combinațiile SK, SL și SM. Cehoslovacia are OK, OL și OM, iar Uniunea Sovietică două blocuri de combinații RAA–RZZ și UAA–UZZ. Stațiile de radioamatori din Uniunea Sovietică pot avea indicative de apel precum UA9DJ, UT5ABJ sau RP2GAF.

Unele țări au prefixele formate dintr-o cifră urmată de o literă și cifra districtului. De exemplu, pentru Algeria există prefixul 7X, iar dacă indicativul de apel este 7X2AD vom ști că radioamatorul algerian emite din Sahara.

Dacă un radioamator activează pentru o perioadă de timp în altă țară, va folosi indicativul său la care va adăuga prefixul țării în care lucrează temporar. Exemplu: YO4DI/LZ înseamnă că radioamatorul român YO4DI emite de pe teritoriul Republicii Populare Bulgaria.

Pentru radioamatorii români prefixele cele mai utilizate sînt cele ale radioamatorilor europeni și pentru a le putea memora, ele sînt prezentate în anexa nr. 4. De asemenea, în anexa nr. 5 sînt prezentate prefixele de radiocomunicație din toată lumea.

Listele complete ale prefixelor de radiocomunicații se publică periodic în fiecare țară. Pe plan internațional, cea mai cunoscută publicație care editează listele cu prefixe la zi este „Call Book".

Folosind lista din anexa nr. 4 vă propunem să învățați prefixele țărilor europene. Vă veți verifica însușirea lor, răspunzînd la întrebările de mai jos:

1. Care sînt prefixele radioamatorilor români?
2. Care sînt prefixele radioamatorilor din țările socialiste europene?
3. Care sînt prefixele radioamatorilor din țările mediteraneene?
4. Care sînt prefixele radioamatorilor din țările scandinave?
5. Care sînt prefixele radioamatorilor din țările Comunității europene?

## 30.3. Codul Q

Apărute mai ales ca urmare a imperativelor comunicațiilor radiotelegrafice, codurile de prescurtări servesc la vehicularea unor expresii întregi, prin transmiterea numai a cîtorva litere. Dintre toate codurile cel mai răspîndit este codul Q apărut prin anii 20–30 în serviciile radiotelegrafice marine.

Expresiile din codul Q sînt formate din trei litere dintre care prima este întotdeauna Q urmată de una din literele R, S, T sau U. A treia literă este

[illegible] Pentru [illegible] expresiile [illegible] urmate de „?".

În [illegible] există foarte multe [illegible] radioamatori [illegible] traficului [illegible].

Să presupunem că [illegible] transmite QRM [illegible] este perturbat de [illegible] QSY [illegible] să treceți pe altă frecvență [illegible] QSY [illegible].

[illegible] expresiilor [illegible] Q [illegible] în trafic.

[illegible] expresiile se grupează în [illegible] QR și QS și le veți învăța după cum urmează..

## Tema I

[illegible] Q [illegible] QR [illegible]

[illegible]

[illegible] Dv. [illegible]

[illegible]

[illegible]

Sînt ocupat

Sînt interferat

Sînt perturbat de paraziți atmosferici ?

Măriți puterea emisiei

Micșorați puterea emisiei

Transmiteți mai rapid

Transmiteți mai lent

Încetați transmisiunea

Nu am nimic pentru Dv.

Sînt gata

Vă voi chema din nou

Cine mă cheamă?

## Tema II

Procedați la fel cu grupele QS și Q[illegible]

[illegible] semnalele [illegible]

Manipulația Dv. este defectuoasă

[illegible] transmiteți

Vă confirm recepția

Pot lua legătura direct cu...

Pot transmite lui...

Răspundeți pe frecvența actuală

Transmiteți [illegible] pe această frecvență

. . Treceţi pe altă frecvenţă
. Am... telegrame pentru Dv.
. . Poziţia mea este
. Ora exactă este

**Cum se desfăşoară o legătură radio cu ajutorul codului Q**

1 [illegible] amator [illegible] pe [illegible] să lan- [illegible] este [illegible] Este [illegible] se afle [illegible] apropiate care [illegible] DX. Radio[illegible] QRL [illegible] D[illegible] apel general CQ D[illegible] QSY, adică „schimbaţi frecvenţa".

2 [illegible] la apel [illegible] multe [illegible] QRZ [illegible] Dacă [illegible] acesta [illegible]

3 [illegible]

QRZ [illegible] QRM QRN [illegible] QSB [illegible] QRO [illegible] QSY [illegible] QSV [illegible] QRU [illegible] QSO [illegible] QRP [illegible] QRG

[illegible] se transmit în [illegible]

## 3·.4. Codul de prescurtări

În afară [illegible] Q [illegible] radi[illegible] mai mare parte [illegible] pre[illegible] [illegible] Dacă [illegible] perseverent.

În cele [illegible] prezent[illegible] de QSO [illegible] necesar [illegible] descrierea staţiei şi a vremii locale.

*Radioamatorul A:*

CQ CQ CQ [illegible] YO3CBZ [illegible] k

*Radioamatorul B:*

YO3CBZ YO3CBZ de UB5DZ UB5DZ k

*Radioamatorul A:*

UB5DZ UB5DZ DE YO3CBZ = ge dr frd es mni tnx fer cal [illegible] ur rst 579 qsb = my qth bucureşti es my name is radu [illegible] hw pse hw UB5DZ de YO3CBZ kn.

UB5DZ de YO3CBZ Bună seara dragă prietene şi multe mulţumiri pentru apel. RST-ul tău este 579 cu variaţii de intensitate a [illegible] Oraşul meu este Bucureşti iar numele meu este Radu. Cum mă auzi?

*Radioamatorul B:*

YO3CBZ YO3CBZ de UB5DZ r r ge dr radu es tnx fer rprt [illegible] ur rst 579 in qth Zakarpatskaia es my name boris [illegible] hw pse hw YO3CBZ YO3CBZ de UB5DZ kn.

Roger roger (confirm recepţia). Bună seara dragă Radu şi multe mulţumiri pentru raport. Raportul tău este 579 în Zakarpatskaia şi numele meu este Boris. Cum mă auzi? YO3CBZ UB5DZ kn (ascultare [illegible] numai staţia chemată").

*Radioamatorul A:*

UB5DZ UB5DZ de YO3CBZ [illegible] all ok dr Boris es tnx fer rprt = my rig hr tx 100 watts es ant dipole [illegible] wx rain es cold [illegible] qru [illegible] pse ur qsl [illegible] my qsl sure tnx fer qso es best dx = hpe cuagn [illegible] 73 gb gr UB5DZ de YO3CBZ.

Roger totul este o.k. dragă Boris şi multe mulţumiri pentru raport. Emiţătorul meu are 100 W şi antena este dipol. Vremea este ploioasă şi e frig. Acum nu mai am nimic pentru tine. Te rog trimite-mi QSL-ul tău. Vei primi sigur QSL-ul meu. Mulţumesc pentru QSO şi îţi doresc [illegible] DX-uri. Sper să te reîntâlnesc în bandă. Dragă Boris good bye şi noapte bună.

*Radioamatorul B:*

YO3CBZ YO3CBZ de UB5DZ = all ok dr radu tnx fer info [illegible] my [illegible] is 75 watt es ant long wire [illegible] wx hr cldy es [illegible] my qsl sure = my [illegible] tnx fer qso es hpe cuagn radu [illegible] 73 gb gn YO3CBZ de UB5DZ sk. Roger. Totul este o.k. dragă Radu şi multe mulţumiri pentru informaţii. Emiţătorul meu are o putere de 75 W, iar antena este long wire. Aici cerul este înnorat şi temperatura de 10°C. Vei primi QSL-ul meu. Mulţumiri pentru QSO şi sper să te reîntâlnesc în bandă. Radu. Salutări, good bye, noapte bună.

*Radioamatorul A:*

UB5DZ de YO3CBZ [illegible] r ok Boris 73 gb sk.

În felul acesta decurge un QSO în telegrafie. Atunci când veţi fi autorizat să lucraţi în emisie, trebuie să vă scrieţi un text standard cu datele Dv. pe care îl veţi folosi la primele QSO-ri. După ce veţi câştiga experienţă, comunicaţiile vor fi mai uşor de conceput şi nu veţi mai avea nevoie de textul scris.

## Pronunțarea literelor și cifrelor

La fel ca în telecomunicațiile comerciale naționale și internaționale radioamatorii au un cod de pronunțare [illegible]. Fiecare țară are codificat un astfel de tabel și un nume ca de exemplu MARIUS se poate transmite astfel:

În limbajul telefonistelor din România
maria-ana-radu - ion-udrea — sofia.

În limbajul folosit de serviciile marine
mike — able — roger — item — under — sugar

Un radioamator german l-ar formula astfel
martha — anton — richard — ida — [illegible] — siegfried

În Europa este uzual un alfabet format din nume de orașe și țări care au cam aceeași pronunțare în [illegible]. De exemplu [illegible]
mexico — america — radio — [illegible] — [illegible] — santiago

În codul adoptat în toată lumea [illegible] sună astfel
mike — alpha — romeo — [illegible] — [illegible] — [illegible]

Va trebui să vă obișnuiți cu unul din limbajul telefonistelor și limbajul internațional [illegible] este foarte ușor a se confunda A cu [illegible] B cu P, D cu [illegible] E, M cu N.

## Întrebări de verificare

1. [illegible] ale emițătoarelor?
2. [illegible]?
3. Numiți 5 prefixe care încep cu Y.
4. Numiți 5 prefixe ale țărilor din jurul mării Baltice.
5. Numiți prefixele țărilor din jurul munților Alpi.
6. Care sînt prefixele țărilor Balcanice?
7. De ce se recurge la codul Q?
8. Care este semnificația grupelor următoare?
QTH, QSO, [illegible]
8. Rostiți [illegible] internațional cuvintele RADIOAMATOR și [illegible]
9. Scrieți care sînt grupele QR, QS, QT și semnificațiile lor.
10. [illegible]
[illegible] Emițătorul meu are o putere de 80 W [illegible]

# Traficul radioamatorilor (II)

În primul capitol de trafic [illegible] cunoștință [illegible] cele mai importante prefixe ale țărilor europene. În cele ce urmează [illegible] prefixele radioamatorilor din țările celorlalte continente. [illegible] prefixele țărilor dintr-un continent, [illegible]. Pentru verificare [illegible] pentru un [illegible] dintr-un continent. Dacă verificarea [illegible] corespunzătoare [illegible] continua procesul de învățare. [illegible] prefixe nefolosite care au fost [illegible] de Uniunea Internațională de Telecomunicații. În [illegible] este.

Radioamatorii folosesc [illegible] o cifră [illegible] și numai una.

Se întâmplă de multe ori [illegible] prefixe [illegible]. De exemplu TV 2 CF [illegible] lista prefixelor dar [illegible] TV și [illegible] înregistrat [illegible] franceză.

*TEMĂ*

Indicați țara de apartenență [illegible] stații radio.

| | |
|---|---|
| 1. A[illegible]PC | 8. P1 5[illegible]S |
| 2. BC4PA | 9. [illegible] |
| [illegible]I6 OR | 10. [illegible]2 [illegible] |
| [illegible] EN7 CD | 11. IC[illegible] |
| 5. HH2 PR | 12. A[illegible] |
| 6. OY4 MI | 13. MQ[illegible] |
| 7. OG7 YX | 14. 4B7 MX |

## 31.1. Codul RST

În comunicațiile lor, radioamatorii folosesc un cod pentru raportarea calității recepției stațiilor corespondente. Acest cod este codul RST. Semnificația literelor este următoarea:

R — readibility (inteligibilitate)
S — signal strength (tăria semnalului)
T — tone (calitatea sunetului)

Pentru [illegible] de la R1 — [illegible] până la R5 — perfect [illegible]. [illegible] se întâmplă rar ca să se dea un [illegible] R5 [illegible] în cazul QSM [illegible] este scăzută [illegible] separat. Totuşi [illegible] tăria semnalului şi calitatea tonului.

[illegible] S1 — abia audibil, şi S — semnal [illegible] puternic [illegible]

S[illegible] [illegible] unui receptor

S[illegible] [illegible] precedente, [illegible] μV

S7 — sfertul acestei intensităţi, 12,5 μV

[illegible] pentru S1 [illegible] mai valoare este [illegible]

În general [illegible] S [illegible] ca [illegible] şi cele [illegible] S [illegible] profesionale [illegible]. Aparatele folosite pentru [illegible] S [illegible] care [illegible] [illegible] S [illegible] [illegible] un [illegible] o [illegible] S [illegible] timp.

[illegible] O astfel de [illegible] se adaugă c (chirpy.)

În [illegible] se [illegible] duce controlul modulaţiei — RSM.

Pentru [illegible] pe unde scurte este [illegible] SINPO şi [illegible] SINPRIMO.

## 31.2 Cărţi de confirmare QSL

[illegible] a rămas obiceiul foarte frumos [illegible]. Pe atunci era o [illegible] extraordinară [illegible] se primea QSL [illegible] continent [illegible] W. [illegible] soseau pe atunci [illegible] QSL [illegible] se puteau realiza.

[illegible] QSL [illegible] este [illegible] frumos [illegible] legătură reuşită QSL [illegible] radioamator [illegible] pentru un radioamator [illegible] primeşte [illegible] dacă este receptor. Totuşi QSL [illegible] este indispensabil [illegible] îndeplinirea condiţiilor cerute pentru [illegible] diplome. [illegible] unui QSL este o manifestare a politeţei [illegible] după un QSO.

[illegible] să şi tipărească [illegible] un QSL deosebit care să facă plăcere celui ce-l primeşte. De multe ori pe QSL se află

o imagine din orașul radioamatorului, un desen sau o caricatură. Cu toate acestea, foarte apreciate sînt QSL-le în care radioamatorul apare fotografiat în fața stației sale sau a cîmpului de antene.

În afară de aceasta, QSL-ul trebuie să cuprindă mai ales anumite date despre legătura efectuată. Acestea sînt următoarele:

— indicativul propriu
— indicativul corespondentului
— data
— ora (UTC)
— banda de frecvențe
— clasa de emisie
— controlul RST

Pe lîngă acestea mai pot apare și alte date, ca de exemplu:

— localitatea (QTH)
— adresa exactă, țara
— puterea de emisie
— antena utilizată

În continuare, cîteva sfaturi despre completarea QSL-ului. Deoarece în unele țări luna se scrie înaintea zilei, precum 7.04.87, ceea ce înseamnă 4 iulie 1987 în loc de 7 aprilie 1987. De aceea se va scrie clar luna.

În principiu, ora în QSL-uri se trece în UTC (Universal Time Coordinated). În cazul legăturilor între radioamatorii din aceeași țară se pot trece orele locale și chiar ora de vară sau de iarnă.

Pentru clasa de emisie sînt suficiente prescurtările CW, SSB, RTTY, FM.

În scopul obținerii anumitor diplome este necesar să se confirme dacă legătura a fost bilaterală, prin cuvintele în limba engleză two way QSO. Pentru banda de frecvență se va trece în MHz cifrele 3,5, 7, 14, 21, 28, 144, 432 MHz.

Controlul se va da RST. Se va acorda atenție și modului de completare a QSL-ului, dar mai ales la scrierea indicativului. Vom fi atenți la literele I și J, apoi la I și C, sau U și V care se pot confunda ușor. Vom pune deasupra lui L și nu vom scrie I, iar 7 se va tăia. Pentru a nu confunda semnul de nul (Ø) se va tăia O = zero. Scrisul neglijent se poate confunda D cu O.

În ultima vreme, mai ales pentru a veni în sprijinul radioamatorilor de DX, care au nevoie de confirmări ale multor țări lucrate, s-a încetățenit practica ținerii evidenței QSL de către alte persoane. Acestea sînt QSL managerii. În baza copiei legăturilor, managerii expediază confirmările legăturilor.

Radioamatorii din România beneficiază de serviciile birourilor de QSL din cadrul radiocluburilor județene.

Uneori, în schimbul de QSL, se introduce într-un plic alături de QSL, încă un plic cu adresa gata completată și un cupon internațional de răspuns, IRC (International Reply Coupon). Se pare că este mai bine ca plicul să conțină completată adresa, deoarece nu este simplu pentru oricine să scrie nume cu totul și cu totul străine.

Adresele managerilor se publică în liste care se modifică mereu și de aceea este interesant să urmărim emisiunile de QTC din banda de 7 MHz care se transmit în fiecare duminică la ora 10.

## 31.3 Diplome conferite radioamatorilor

Radiocluburile din diferite țări conferă diplome pentru îndeplinirea anumitor performanțe. Aceste diplome nu presupun și cîștigarea anumitor drepturi, dar dovedesc posibilitatea și iscusința celor ce le primesc. Se cere spre exemplu, să se lucreze cu un anumit număr de stații dintr-o țară, dintr-o zonă sau dintr-un continent. Există diplome editate de radiocluburi sau de orașe cu ocazia unor aniversări. Ca toate acestea cele mai prețuite sînt diplomele care solicită din partea radioamatorilor multă trudă și pricepere dovedite pe perioade de timp îndelungate.

Printre cele mai renumite diplome este DXCC care cere să se dovedească cu QSL-ri legăturile efectuate cu radioamatori din mai mult de 100 de țări.

Apoi diploma AAA (All Africa Award) care cere să se fi lucrat cu un anumit număr de țări din Africa.

Există radioamatori care au un adevărat cult al diplomelor care pare nejustificat, dar pentru intrarea într-un club anumit trebuie dovedită posesia unui anumit număr de diplome. Astfel pentru membrii YODX Club este necesară confirmarea legăturilor cu 100 de țări diferite plus 15 diplome românești și 10 străine. Dacă vi se pare simplu, consultați lista membrilor YODX Clubului și veți constata că nu sînt prea mulți și există motive serioase pentru a fi atît de stimați.

Nu vom putea enumera diplomele românești sau străine, chiar și pe cele mai însemnate, dar vom aminti în cele ce urmează ceea ce este mai important de cunoscut despre fiecare diplomă.

— clubul care conferă diploma și adresa sa exactă
— categoriile de radioamatori care o pot obține (emițători, receptori, membrii unui club, etc)
— perioada în care au fost realizate legăturile
— condițiile concrete de realizat
— clasele de emisie obligatorii
— benzile de emisie obligatorii
— termenul de cerere al diplomei
— taxa de obținere a diplomei
— modul de întocmire a cererii de diplomă
— modul de dovedire a realizării legăturilor (anexarea QSL-lor, vizarea logurilor de către responsabilii locali, etc.)

Uneori trebuie plătită o taxă pentru acoperirea costurilor expediției sau chiar a tipăririi diplomei, dar unele organizații își fac o cinste din editarea unor diplome a căror condiții de obținere să fie exclusiv de ordin tehnic operativ.

## 31.4. Concursurile de radioamatori

Concursurile au rolul de a intensifica activitatea radioamatorilor. În asemenea concursuri sînt catalizate energii nebănuite. Sînt puse la încercare pregătirea, condiția fizică, aparatura, experiența. Unele concursuri durează 24 de ore sau mai puțin, dar și săptămîni sau luni.

În timpul unui concurs se schimbă anumite date [illegible] pe care se notează în log. Printre acestea de obicei fac parte controlul RST, numărul QSO-ului, QTH-ul [illegible] sau zona, în CW [illegible] alte condiții cerute de concurs.

Din cele mai populare concursuri se numără WW DX Contest (World Wide DX Contest), la care participă stații din întreaga lume, iar [illegible] transmit controlul RST și zona. România se află în zona [illegible] [illegible] În acest concurs un DX contează 3 puncte [illegible] 1 punct [illegible] că fiecare [illegible] pentru fiecare bandă [illegible] maximum [illegible] date:

— forul organizator și adresa exactă
— [illegible] stații sunt invitate (din toată lumea, dintr-un continent, zonă, țară, membrii unui club
— [illegible] stații se lucrează [illegible] la concurs [illegible] dintr-o anumită țară)
— apelul de concurs (de ex. CQ Test, CQ DX etc.)
— data începerii și încheierii concursului
— benzile de concurs, tipuri de emisiune, [illegible] controale (RST + numărul de legătură, numărul zonei, vârsta operatorului, puterea stației, anii de activitate ca radioamator, etc.)
— restricții impuse
— categorii de clasificare ale stațiilor
— modul de punctaj
— multiplicatorul
— trofeele acordate
— termenul de expediție al logurilor

Logurile se întocmesc separat pentru fiecare bandă. Se pot utiliza fișele tip difuzate de Federația [illegible] orele, data, ora, indicativul corespondentului, grupele de control transmise și recepționate, multiplicatorul și punctajele obținute pentru fiecare legătură. La acestea se adaugă o fișă recapitulativă centralizatoare.

Dacă cineva se află în concurs, atunci se va anunța în CW cu apelul CQ Test sau în forma CQ Contest. Dacă ascultați o astfel de stație și nu luați parte la concurs, este bine să răspundeți. Corespondentul se va bucura pentru fiecare punct și de aceea îi veți da toate datele pe care le cere.

Participarea la concurs presupune o anumită limitare în partea tuturor concurenților. De aceea se vor da totdeauna controale cît mai aproape de realitate și vom respecta cu strictețe puterea de emisie pentru care avem autorizație.

# ANEXE

## ANEXA 1

### Codul de prescurtări folosite de radioamatori

| Expresia | Cuvintele de origine | Semnificația |
|---|---|---|
| | **A** | |
| abt | about | despre, circa |
| ac | alternating current | curent alternativ |
| af | audio frequency | audiofrecvență |
| agc | [illegible] | [illegible] |
| agn | again | din nou, iarăși |
| alc | automatic level control | control automat al nivelului |
| am | ante meridiem (lat.) | înainte de amiază |
| am | amplitude modulation | modulație de amplitudine |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| ars | amateur radio station | stație de radioamator |
| as | aspettate (it.) | așteptați |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| award | award | diplomă, trofeu |
| awdh | auf Wiederhören (germ.) | la reauzire |
| | **B** | |
| bcl | broadcast listener | [illegible] difuziune |
| bcnu | be seeing you | voi căuta să vă reîntâlnesc |
| bd | bad | rău |
| beam | beam | [illegible] |
| bfo | beat frequency oscilator | oscilator de bătăi |
| blk | black | negru |
| bpm | Buchstaben pro Minute (germ.) | litere pe minut |
| bug | bug (= ploșniță) | manipulator mecanic semiautomat, cu contacte laterale |
| | **C** | |
| call | call | a chema, chem, apel indicativ |
| cfm | [illegible] | a confirma, confirm a [illegible] |
| cl | [illegible] | [illegible] |
| co | crystal oscillator | [illegible] cu cristal |
| cond, condx | conditions | [illegible] de propagare |
| congrats | congratulations | [illegible] |
| cq | seek you | apel general |

| Expresia | Cuvintele de origine | Semnificația |
|---|---|---|
| cq dx | | apel general pentru stații îndepărtate |
| cq m | cq mir (rusă) | apel general în concursul mondial sovietic |
| cq ww | cq world wide | [illegible] |
| crd | card | QSL (vă confirm recepția) |
| cuagn | see you again | pe curînd, din nou |
| cul | see you later | [illegible] |
| cw | continuous wave | telegrafie A1 |

D

| | | |
|---|---|---|
| dc | direct current | curent continuu |
| de | [illegible] | [illegible] |
| dk | [illegible] (germ.) | [illegible] |
| dr | dear | dragă |
| dx | distant expedition | stație la mare distanță |

E

| | | |
|---|---|---|
| elbug | electronic bug | manipulator electronic |
| es | & | și |

F

| | | |
|---|---|---|
| fb | fine business | foarte bună, foarte bine |
| fer | for | pentru |
| fm | frequency modulation | modulație de frecvență |
| fone | telephony | telefonie |
| fr | for | pentru |
| frd | friend | prieten, prietenă |
| fsk | frequency shift keying | telegrafie F1 |

G

| | | |
|---|---|---|
| ga | guten Abend (germ.) | bună ziua (după ora 12) |
| ga | go ahead | [illegible] |
| gain | gain | [illegible], cîștig |
| gb | good bye | rămas bun |
| gba | give better address | dați-mi o adresă mai bună |
| gd | good | bun, bună |
| ge | good evening | bună seara |
| gl | good luck | noroc bun |
| gld | glad | [illegible] |
| gm | Greenwich Mean Time | ora medie după Greenwich (folosit incorect în loc de gmt) |
| gn | good night | noapte bună. |
| gnd | ground | pămînt, sol |
| gp | ground plane | antenă verticală |
| gt | guten Tag (germ.) | bună ziua |

| Expresia | Cuvintele de origine | Semnificaţia |
|---|---|---|
| | **H** | |
| ham | | radioamator emiţător |
| ham shack | ham shack | cămăruţa radioamatorului |
| ham spirit | ham spirit | spiritul de solidaritate al radioamatorilor |
| handle | handle | operator |
| hf | high frequency | radiofrecvenţă (frecvenţele între 3 şi 30 MHz |
| hi | high | înalt, superior |
| hpe | hope, hoping | sper, speranţă, sperînd |
| hr | here | aici |
| hrd | heard | auzit |
| hw ? | how? | cum (m-aţi recepţionat)? |
| | **I** | |
| I | I | eu |
| I.A.R.U. | International Amateur Radio Union | Uniunea Internaţională de radioamatorism |
| if | intermediate frequency | frecvenţă intermediară |
| info | information | informaţie |
| irc | International Reply Coupon | cupon internaţional de răspuns |
| I.T.U. | International Telecommunication Union | Uniunea Internaţională de telecomunicaţii |
| | **K** | |
| k | key (= manipulator) | transmiteţi |
| kn | key, not (others) | transmiteţi (numai pentru staţia deja angrenată în legătură) |
| | **L** | |
| lf | low frequency | audiofrecvenţă |
| lf | low frequency | frecvenţele cuprinse între 30 şi 300 kHz |
| lcs | licens (d) | autorizaţie, autorizat |
| log | log book | jurnal de staţie (fişă de participare în concursuri) |
| lsb | lower sideband | bandă laterală inferioară |
| luf | lowest usable frequency | frecvenţa minimă utilizabilă |
| lw | long wire | antenă „fir-lung" |
| | **M** | |
| min(s) | minute(s) | minute |
| mny | many | mulţi |
| mtr | meter, metre | metru |
| muf | maximum usable frequency | frecvenţa maximă utilizabilă |
| my | my | al meu |

| Expresii | Cuvintele de origine | Semnificația |
| --- | --- | --- |
| | **N** | |
| [illegible] | net | rețea |
| [illegible] | nil | [illegible] |
| [illegible] | no | [illegible] |
| [illegible] | near | [illegible] |
| [illegible] | number | [illegible] |
| [illegible] | now | [illegible] |
| | **O** | |
| [illegible] | [illegible] boy | prieten (amical) |
| [illegible] | O.K., okay | perfect, foarte bine, desigur, de acord |
| [illegible] | old man | prieten, radioamator [illegible] |
| [illegible] | operator | operator |
| [illegible] | oscillator | oscilator |
| [illegible] | old timer | radioamator veteran |
| [illegible] | [illegible] | soție (radioama[illegible]) |
| | **P** | |
| [illegible] | power amplifier | amplificator de putere |
| [illegible] | peak envelope power | putere de vîrf la înfășurătoare |
| [illegible] | post meridiem (lat.) | după a[illegible] |
| [illegible] | please | vă rog |
| [illegible] | power | putere |
| | **R** | |
| [illegible] | righ[illegible] | recepționat corect |
| [illegible] | [illegible] | receptor |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | rig | aparatură |
| [illegible] | report | raport de recepție |
| [illegible] | report | r[illegible]port de recep[illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| | **S** | |
| [illegible] | [illegible] | plic cu propria adresă |
| [illegible] | self-addressed stamped envelope | plic cu propria adresă ștampilat |
| [illegible] | sayonara (jap.) | la revedere |
| [illegible] | super high frequency | frecvență supraînaltă ([illegible] 30 GHz |
| [illegible] | signals | semnale |
| [illegible] | silent key | sfîrșitul legăturii |
| [illegible] | schedule | legătură programată |

| Abrevieri | Cuvintele de origine | Semnificația |
|---|---|---|
| [illegible] | soon | curînd |
| [illegible] | sorry | regret |
| [illegible] | single sideband | telefonie A3J |
| [illegible] | station(s) | [illegible] |
| [illegible] | sure | [illegible] |
| [illegible] | short wave listener | radioamator receptor pe unde scurte |
| swr | standing waves ratio | [illegible] de unde staționare sin[illegible] |
| | T | |
| [illegible] | test | probă |
| [illegible] | thanks | [illegible] |
| [illegible] | tomorrow | [illegible] |
| [illegible] | tricks | procedee, șiretlicuri |
| [illegible] | television interference | perturbare a recepției de tele[illegible] |
| tx | transmitter | [illegible] |
| | U | |
| [illegible] | you | tu, dumneata, dumneavoastră |
| [illegible] | ultra fine business | foarte, foarte bine |
| [illegible] | ultra high frequency | frecvență ultra înaltă (300—3000 MHz) |
| [illegible] | unlicensed | neautorizat |
| [illegible] | your | tău, dumneavoastră |
| [illegible] | upper sideband | bandă laterală superioară |
| [illegible] | universal time coordited | ora universală (a meridianului zero), GCT |
| | V | |
| [illegible] | von (germ.) | de la |
| [illegible] | [illegible]le frequency oscillator | oscilator de frecvență variabilă |
| [illegible] | very high frequency | frecvențele între 30 și 300 MHz |
| [illegible] | viel | mult |
| [illegible] | very low frequency | frecvența între 3 și 30 MHz |
| [illegible] | variable crystal oscillator | oscilator cu cristal cu frecvență variabilă |
| [illegible] | very | foarte |
| | W | |
| [illegible] | with | cu |
| [illegible] | worked | lucrînd, lucru |
| [illegible] | will | voi, vom, am [illegible] |
| [illegible] | words per minute | [illegible] |
| [illegible] | weater | [illegible] |

| Expresia | Cuvintele de origine | Semnificația |
|---|---|---|
| | **X** | |
| xcus | excuse | scuze |
| xmas | Christmas | Crăciun |
| xmtr | transmitter | emițător |
| xtal, xtl | crystal | cristal |
| xyl | ex young lady | soție |
| | **Y** | |
| yes | yes | da |
| yl | young lady | radioamatoare tînără |
| | **CIFRE** | |
| 55 | | mult succes |
| 73 | | salutări |
| 88 | | sărutări |
| 99 | | dispari |

## ANEXA 2

### Simboluri folosite la codificarea claselor de emisiuni

Clasele de emisiuni sînt desemnate prin trei simboluri alfanumerice a căror semnificație este următoarea:

— primul simbol ...... tipul modulației
— al doilea simbol ...... natura semnalului modulator
— al treilea simbol ...... tipul informației transmise

*Primul simbol*

N — emisiuni cu purtătoare nemodulată

### Emisiuni cu modulație în amplitudine

A — bandă laterală dublă
H — bandă laterală unică cu purtătoare completă
R — bandă laterală unică cu purtătoare redusă
J — bandă laterală unică cu purtătoare suprimată
B — benzi laterale independente
C — rest de bandă laterală

### Emisiuni cu modulație unghiulară

F — modulație în frecvență
G — modulație în fază
D — emisiuni MA și unghiulară simultan sau secvențial

## Emisiuni cu modulație în impulsuri

P — secvențe de impulsuri nemodulate
K — secvențe de impulsuri MA
L — impulsuri modulate în durată
M — impulsuri modulate în poziție (fază)
Q — purtătoare modulată anglular pe durata impulsului

*Al doilea simbol*

0 — semnal nemodulat
1 — canal singular cu informație cuantizată sau digitală fără subpurtătoare modulată
2 — canal cu informație cuantizată sau digitală cu subpurtătoare modulată
3 — canal cu informație analogică
7 — două sau mai multe canale cu informație analogică
9 — sistem complex unghiular sau mai multe informații cuantizate sau digitale

*Al treilea simbol*

N — nu se transmite informație
A — telegrafie audio
B — Telegrafie pentru recepție audio
C — facsimile
D — transmisii date, telemetrie, telecomandă
F — televiziune (video)

## Clasele de emisiuni

**Modulație în amplitudine**

Emisiuni cu bandă laterală dublă pe un singur canal care conține informație cuantizată sau digitală fără a se folosi o subpurtătoare modulată

| | |
|---|---|
| A1A | Telegrafie Morse |
| A1B | Telegrafie audio |
| A1B | Facsimile |
| A1D | Transmisii de date, telemetrie, telecomandă |

Emisiuni cu bandă laterală dublă pe un singur canal care conține informație cuantizată sau digitală, cu folosirea unei subpurtătoare modulate

| | |
|---|---|
| A2A | Telegrafie Morse |
| A2B | Telegrafie audio |
| A2C | Facsimile |
| A2D | Transmisii de date, telemetrie, telecomandă |

Emisiuni cu bandă laterală dublă pe un singur canal care conține informație analogică

| | |
|---|---|
| A3C | Facsimile |
| A3E | Telefonie |
| A3F | Televiziune |

Emisiuni cu rest de bandă laterală pe un singur canal care conține informație analogică

| | |
|---|---|
| C3F | Televiziune |

Emisiuni cu bandă laterală unică cu purtătoare suprimată, un singur canal care conține informații digitale sau cuantizate cu subpurtătoare modulată

| | |
|---|---|
| J2A | Telegrafie Morse |
| J2B | Telegrafie audio |
| J2C | Facsimile |
| J2D | Transmisii date, telemetrie, telecomandă |

Emisiuni cu bandă laterală unică cu purtătoare suprimată, un singur canal care conţine informaţie analogică.

| | |
|---|---|
| J3C | [illegible] |
| J3E | [illegible] |
| J3F | [illegible] |

Emisiuni cu bandă laterală unică cu purtătoare redusă, un singur canal care conţine informaţie analogică.

| | |
|---|---|
| R3E | Telefonie |
| N0N | [illegible] pentru verificare |

## EMISIUNI CU PURTĂTOARE MODULATĂ UNGHIULAR

[illegible] care conţine informaţie [illegible]

| | |
|---|---|
| F1A | Telegrafie Morse |
| F1B | Telegrafie audio |
| F1C | Facsimile |
| F1D | Telemetrie |

[illegible] de informaţii [illegible]

| | |
|---|---|
| F2A | Telegrafie Morse |
| F2B | Telegrafie audio |
| F2C | Facsimile |
| F2D | Telemetrie |

Emisiuni cu purtătoare modulată [illegible] conţine informaţii analogice

| | |
|---|---|
| F3C | Facsimile |
| F3E | Telefonie |
| F3F | Televiziune |

# ANEXA 3

## *Prefixele radioamatorilor europeni*

| | |
|---|---|
| C3 | Andorra |
| CT | Portugalia |
| DL, DK | Republica Federală a Germaniei |
| EA | Spania |
| EI | Irlanda |
| F | Franţa |
| G | Marea Britanie |
| HA | Ungaria |
| HB | Elveţia |
| HB 0 | Liechtenstein |
| HV | Vatican |
| I | Italia |
| LA | Norvegia |
| LX | Luxemburg |
| LZ | Bulgaria |
| OE | Austria |
| OH | Finlanda |
| OK | Cehoslovacia |
| ON | Belgia |
| OZ | Danemarca |
| PA | Olanda |
| SM | Suedia |
| SP | Polonia |
| SV | Grecia |
| TA | Turcia |
| UA | URSS |
| Y0 ... Y9 | Republica Democrată Germană |
| YO | România |
| YU | Iugoslavia |
| ZA | Albania |
| 3A | Monaco |
| 4U | Naţiunile Unite |
| 9H | Malta |

# ANEXA 4

## Prefixele de radiocomunicaţii

| | |
|---|---|
| AAA-ALZ | Statele Unite ale Americii |
| AMA-AOZ | Spania |
| APA-ASZ | Pakistan |
| ATA-AWZ | [illegible] |
| AXA-AXZ | [illegible] |

| | |
|---|---|
| AYA-AZZ | Argentina |
| A2A-A2Z | Botswana |
| A3A-A3Z | Tonga |
| A4A-A4Z | Oman |
| A5A-A5Z | Bhutan |
| A6A-A6Z | Emiratele Arabe Unite |
| A7A-A7Z | Qatar |
| A8A-A8Z | Liberia |
| A9A-A9Z | Bahrein |
| BAA-BZZ | China |
| CAA-CEZ | Chile |
| CFA-CKZ | Canada |
| CLA-CMZ | Cuba |
| CNA-CNZ | Maroc |
| COA-COZ | Cuba |
| CPA-CPZ | Bolivia |
| CQA-CRZ | Provincii portugheze |
| CSA-CUZ | Portugalia |
| CVA-CXZ | Uruguay |
| CYA-CZZ | Canada |
| C2A-C2Z | Nauru |
| C3A-C3Z | Andorra |
| C4A-C4Z | Cipru |
| C5A-C5Z | Gambia |
| C6A-C6Z | Bahamas |
| C7A-C7Z | Organizaţia Mondială de Meteorologie |
| C8A-C9Z | Mozamb |
| DAA-DTZ | Republica Federală a Germaniei |
| DUA-DZZ | Filipine |
| D2A-D3Z | Angola |
| D4A-D4Z | Insulele Capului Verde |
| D5A-D5Z | Liberia |
| D6A-D6Z | Comore |
| D7A-D9Z | Coreea |
| EAA-EHZ | Spania |
| EIA-EJZ | Irlanda |
| EKA-EKZ | U.R.S.S. |
| ELA-ELZ | Liberia |
| EMA-EOZ | U.R.S.S. |
| EPA-EQZ | Iran |
| ERA-ERZ | U.R.S.S. |
| ESA-ESZ | Estonia |
| ETA-ETZ | Etiopia |
| EUA-EWZ | Bielorusia |
| EXA-EZZ | U.R.S.S. |
| FAA-FZZ | Franţa şi teritoriile de peste mări |
| GAA-GZZ | Marea Britanie şi Irlanda de nord |
| HAA-HAZ | Ungaria |
| HBA-HBZ | Elveţia |
| HCA-HDZ | Ecuador |
| HEA-HEZ | Elveţia |
| HFA-HFZ | Polonia |
| HGA-HGZ | Ungaria |
| HHA-HHZ | Haiti |
| HIA-HIZ | Republica Dominicană |
| HJA-HKZ | Columbia |
| HLA-HMZ | Coreea |
| HNA-HNZ | Irak |
| HOA-HPZ | Panama |
| HQA-HRZ | Honduras |
| HSA-HSZ | Thailanda |
| HTA-HTZ | Nicaragua |
| HUA-HUZ | Salvador |
| HVA-HVZ | Vatican |
| HWA-HYZ | Franţa şi teritoriile de peste mări |
| HZA-HZZ | Arabia Saudită |
| H2A-H2Z | Cipru |
| H3A-H3Z | Panama |
| H4A-H4Z | Insulele Solomon |
| H5A-H5Z | Bophuthatswana |
| H6A-H7Z | Nicaragua |
| H8A-H9Z | Panama |
| IAA-IZZ | Italia |
| JAA-JSZ | Japonia |
| JTA-JVZ | Mongolia |
| JWA-JXZ | Norvegia |
| JYA-JYZ | Iordania |
| JZA-JZZ | Guineea de Vest |
| J2A-J2Z | Djibuti |
| J3A-J3Z | Grenada |
| J4A-J4Z | Grecia |
| J5A-J5Z | Guineea Bissau |
| J6A-J6Z | Sf. Lucia |
| J7A-J7Z | Dominica |
| J8A-J8Z | St. Vincent |
| KAA-KZZ | Statele Unite ale Americii |
| LAA-LNZ | Norvegia |
| LOA-LWZ | Argentina |
| LXA-LXZ | Luxemburg |
| LYA-LYZ | Lituania |
| LZA-LZZ | Bulgaria |
| L2A-L9Z | Argentina |
| MAA-MZZ | Marea Britanie şi Irlanda de Nord |
| NAA-NZZ | Statele Unite ale Americii |
| OAA-OCZ | Peru |
| ODA-ODZ | Liban |
| OEA-OEZ | Austria |
| OFA-OJZ | Finlanda |
| OKA-OMZ | Cehoslovacia |
| ONA-OTZ | Belgia |
| OUA-OZZ | Danemarca |
| PAA-PIZ | Olanda |
| PJA-PJZ | Antilele Olandeze |
| PKA-POZ | Indonezia |
| PPA-PYZ | Brazilia |
| PZA-PZZ | Surinam |
| P2A-P2Z | Papua Noua Guinee |
| P3A-P3Z | Cipru |
| P4A-P4Z | Antilele Olandeze |
| P5A-P9Z | Republica Populară Democrată Coreeană |
| RAA-RZZ | U.R.S.S. |
| SAA-SMZ | Suedia |
| SNA-SRZ | Polonia |
| SSA-SSM | Egipt |
| SSN-STZ | Sudan |
| SUA-SUZ | Egipt |
| SVA-SZZ | Grecia |

| | |
|---|---|
| S2A-S3Z | Bangla Desh |
| S6A-S6Z | Singapore |
| S7A-S7Z | Seychelles |
| S8A-S8Z | Transkey |
| S9A-S9Z | St. Tome e Principe |
| TAA-TCZ | Turcia |
| TDA-TDZ | Guatemala |
| THA-THZ | Franța și teritoriile de peste mări |
| TIA-TIZ | Costa Rica |
| TKA-TKZ | Franța și teritoriile de peste mări |
| TLA-TLZ | Republica Centrafricană |
| TMA-TMZ | Franța și teritoriile de peste mări |
| TNA-TNZ | Congo Brazaville |
| TOA-TQZ | Franța și teritoriile de peste mări |
| TRA-TRZ | Gabon |
| TSA-TSZ | Tunis |
| TTA-TTZ | Ciad |
| TUA-TUZ | Cote d'Ivoire |
| TVA-TXZ | Franța și teritoriile de peste mări |
| TYA-TYZ | Benin |
| TZA-TZZ | Mali |
| T2A-T2Z | Tuva |
| T3A-T3Z | Kiribati |
| T4A-T4Z | Cuba |
| T5A-T5Z | Somalia |
| T6A-T6Z | Afganistan |
| T7A-T7Z | San Marino |
| UAA-UQZ | URSS |
| URA-UTZ | URSS |
| UUA-UZZ | URSS |
| VAA-VGZ | Canada |
| VHA-VNZ | Australia |
| VOA-VOZ | Canada |
| VPA-VSZ | Teritoriile de peste mări ale Marii Britanii |
| VTA-VWZ | India |
| VXA-VYZ | Canada |
| VZA-VZZ | Australia |
| V2A-V2Z | Antigua |
| WAA-WZZ | Statele Unite ale Americii |
| XAA-XIZ | Mexico |
| XJA-XOZ | Canada |
| XPA-XPZ | Danemarca |
| XQA-XRZ | Chile |
| XSA-XSZ | China |
| XTA-XTZ | Volta Superioară |
| XUA-XUZ | Kampuchia |
| XVA-XWZ | Laos |
| XXA-XXZ | Provinciile de peste mări ale Portugaliei |
| XYA-XZZ | Birmania |
| YAA-YAZ | Afganistan |
| YBA-YHZ | Indonezia |
| YIA-YIZ | Irak |
| YJA-YJZ | Noile Hebride |
| YKA-YKZ | Siria |
| YLA-YLZ | Letonia |
| YMA-YMZ | Turcia |
| YNA-YNZ | Nicaragua |
| YOA-YRZ | România |
| YSA-YSZ | Salvador |
| YTA-YUZ | Jugoslavia |
| YVA-YYZ | Venezuela |
| YZA-YZZ | Jugoslavia |
| Y2A-Y9Z | Republica Democrată Germană |
| ZAA-ZAZ | Albania |
| ZBA-ZJZ | Teritoriile de peste mări ale Marii Britanii |
| ZKA-ZMZ | Noua Zeelandă |
| ZNA-ZOZ | Teritoriile de peste mări ale Marii Britanii |
| ZPA-ZPZ | Paraguay |
| ZQA-ZQZ | Teritoriile de peste mări ale Marii Britanii |
| ZRA-ZUZ | Republica Sudafricană și Africa de Sud-Vest |
| ZVA-ZZZ | Brazilia |
| Z2A-Z2Z | Zimbabwe |
| 2AA-2ZZ | Marea Britanie și Irlanda de Nord |
| 3AA-3AZ | Monaco |
| 3BA-3BZ | Mauriciu |
| 3CA-3CZ | Guineea Ecuatorială |
| 3DA-3DM | Swaziland |
| 3DN-3DZ | Insulele Fidji |
| 3EA-3FZ | Panama |
| 3GA-3GZ | Chile |
| 3HA-3UZ | China |
| 3XA-3XZ | Guineea |
| 3YA-3YZ | Norvegia |
| 3ZA-3ZZ | Polonia |
| 4AA-4CZ | Mexico |
| 4DA-4IZ | Filipine |
| 4JA-4LZ | URSS |
| 4MA-4MZ | Venezuela |
| 4NA-4OZ | Jugoslavia |
| 4PA-4SZ | Sri Lanka |
| 4TA-4TZ | Peru |
| 4UA-4UZ | Națiunile Unite |
| 4YA-4YZ | ICAO |
| 4ZA-4ZZ | Israel |
| 5AA-5AZ | Libia |
| 5BA-5BZ | Cipru |
| 5CA-5GZ | Maroc |
| 5HA-5IZ | Tanzania |
| 5JA-5KZ | Columbia |
| 5LA-5MZ | Liberia |
| 5NA-5OZ | Nigeria |
| 5UA-5UZ | Niger |
| 5VA-5VZ | Togo |
| 5WA-5WZ | Samoa de Vest |
| 5XA-5XZ | Uganda |
| 6AA-6BZ | Egipt |
| 6CA-6CZ | Siria |
| 6DA-6JZ | Mexico |
| 6KA-6NZ | Coreea |
| 6OA-6OZ | Somalia |
| 6PA-6SZ | Pakistan |
| 6TA-6UZ | Sudan |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 6VA-6WZ | Senegal | 8SA-8SZ | Suedia |
| 6XA-6XZ | Madagascar | 8TA-8YZ | India |
| 6YA-6YZ | Jamaica | 8ZA-8ZZ | Arabia Saudită |
| 6ZA-6ZZ | Liberia | 9AA-9AZ | San Marino |
| 7AA-7IZ | Indonezia | 9BA-9DZ | Iran |
| 7JA-7NZ | Japonia | 9EA-9FZ | Etiopia |
| 7OA-7OZ | Yemen | 9GA-9GZ | Ghana |
| 7PA-7PZ | Lesotho | 9HA-9HZ | Malta |
| 7QA-7QZ | Malawi | 9IA-9JZ | Zambia |
| 7RA-7RZ | Algeria | 9LA-9LZ | Sierra Leone |
| 7SA-7SZ | Suedia | 9MA-9MZ | Malaysia |
| 7TA-7YZ | Algeria | 9NA-9NZ | Nepal |
| 7ZA-7ZZ | Arabia Saudită | 9OA-9TZ | Zaire |
| 8AA-8IZ | Indonezia | 9UA-9UZ | Burundi |
| 8JA-8NZ | Japonia | 9VA-9VZ | Singapore |
| 8OA-8OZ | Botswana | 9WA-9WZ | Malaysia |
| 8PA-8PZ | Barbados | 9XA-9XZ | Ruanda |
| 8QA-8QZ | Maldive | 9YA-9ZZ | Trinidad și Tobago |
| 8RA-8RZ | Guyana | | |

## ANEXA 5

## Codul Q

| Expresia | Întrebare | Răspuns |
|---|---|---|
| QRG | Vreți să-mi indicați frecvența mea exactă (frecvența exactă a lui ...) | Frecvența exactă este ...kHz (sau MHz) |
| QRH | Frecvența mea variază? | Frecvența dvs. variază |
| QRI | Cum este tonul emisiunii mele | Tonul emisiunii dvs. este<br>1. bun<br>2. variabil<br>3. rău |
| QRK | Care este inteligibilitatea semnalelor mele | Inteligibilitatea semnalelor dvs. este<br>1. rea<br>2. mediocră<br>3. destul de bună<br>4 bună<br>5. excelentă |
| QRL | Sînteți ocupat? | Sînt ocupat (Sînt ocupat cu ...) Vă rog nu perturbați |
| QRM | Sînteți interferat? | Sînt interferat<br>1. nu sînt deloc interferat<br>2. ușor<br>3. moderat<br>4. puternic<br>5. foarte puternic |
| QRN | Sînteți deranjați de paraziți atmosferici? | Sînt deranjat de paraziți 1 – 5 [illegible] |
| QRO | Să măresc puterea emisiunii? | Măriți puterea emisiunii |
| QRS | Să transmit mai lent? | Transmiteți mai lent [illegible] cuvinte pe minut |
| QRT | Să încetez transmiterea? | Încetați emisiunea (transmisia) |
| QRU | Aveți ceva pentru mine? | Nu am nimic pentru dvs. |
| QRV | Sînteți gata? | Sînt gata |
| QRX | Cînd mă veți chema din nou? | Vă voi chema din nou la ora... (pe)... kHz (MHz). |
| QRZ | Cine mă cheamă? | Vă cheamă ... (pe ...) kHz (MHz). |

| Expresia | Întrebare | Răspuns |
|---|---|---|
| QSA | Care este [illegible] semnalelor [illegible] | [illegible]<br>1 abia perceptibilă<br>[illegible]<br>3. destul de bună<br>4. bună<br>5. foarte bună |
| QSB | [illegible] | [illegible] |
| QSD | [illegible] | [illegible] |
| QSK | [illegible] | [illegible] |
| QSL | [illegible] | [illegible] |
| QSO | [illegible] intermediul lui ...]? | [illegible] (prin intermediul lui [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| QSI | [illegible] | [illegible] de eta[illegible] |
| QSV | Să [illegible] frecvență (pe... kHz (MHz)]? | [illegible] această frecvență (pe [illegible] kHz (MHz)). |
| QSY | Să [illegible] frecvență? | [illegible] altă frecvență (pe ... kHz (MHz)) |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| QTH | [illegible] longitudine (sau în oricare mod de [illegible] | [illegible] ... longitudine (sau ...) |
| QTR | Care este ora exactă? | Ora exactă este |

## ANEXA 6
### Stații etalon de frecvență

| Indicativul stației | [illegible] | [illegible] |
|---|---|---|
| ATA | New Delhi — India | 5, 10, 15 MHz |
| BPV | Shanghai — China | 5, 10, 15 MHz |
| BSF | Taipei — Taiwan | 5, 15 MHz |
| CHU | Ottawa — Canada | 3 300, 7335, 14 670 KHz |
| DCF 77 | Mainflingen — R.D. Germania | 77, 5 KHz |
| DG[illegible] | [illegible] | [illegible] |
| FFH | [illegible] | [illegible] |
| GBR | [illegible] | [illegible] |
| HBG | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| JG2AE | [illegible] — Japonia | [illegible] |
| JG2AS | [illegible] — Japonia | [illegible] |
| J[illegible] | [illegible] | [illegible] |
| JJY | Sanwa — Japonia | [illegible] |

| Indicatorul stației | Localitatea și țara | Frecvența de lucru |
| --- | --- | --- |
| LOL | Buenos Aires — Argentina | [illegible] 15 MHz |
| MSF | Rugby — Anglia | [illegible] MHz |
| NBA | Canal zone — Panama | [illegible] |
| [illegible] | Praga — Cehoslovacia | [illegible] MHz |
| [illegible] | Praga — Cehoslovacia | [illegible] |
| [illegible] | Moscova — U.R.S.S. | [illegible] |
| [illegible] | Moscova — U.R.S.S. | 66, 67 KHz |
| [illegible] | Taşkent — U.R.S.S. | 5, 10 MHz |
| [illegible] | Novossibirsk — U.R.S.S. | 10, 15 MHz |
| [illegible] | Irkutsk — U.R.S.S. | 50 KHz |
| [illegible] | Lyndhurst — Australia | 4.5, 7.5, 12 MHz |
| VPS HKG | Hong — Kong | [illegible] 500, 5719, 8963 KHz şi 95 MHz |
| WWV | Fort Collins — Colorado-SUA | 2.5, 5, 10, 15 MHz |
| WWVB | Fort Collins — Colorado-SUA | 60 KHz |
| WWVH | Kauai — Hawai | [illegible] 5, 10, 15 MHz |
| YVTO | Caracas — Venezuela | [illegible] MHz |
| ZLFS | Lower Hutt — Noua Zeelandă | [illegible] MHz |
| ZUO | Johannesburg — Africa de sud | [illegible] MHz |

## ANEXA 7

### Tabel de conversiune a decibelilor

| Raport subunitar | | | Raport supraunitar | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Tensiune | Putere | decibeli | tensiune | Putere |
| 1 | 1 | 0 | 1,0 | 1,0 |
| [illegible] | [illegible] | ,1 | 1,012 | 1,023 |
| [illegible] | [illegible] | ,2 | 1,023 | 1,047 |
| [illegible] | [illegible] | ,3 | 1,035 | 1,072 |
| [illegible] | [illegible] | ,4 | 1,047 | 1,096 |
| ,9441 | [illegible] | ,5 | 1,059 | 1,122 |
| [illegible] | ,8710 | ,6 | 1,072 | 1,148 |
| [illegible] | [illegible] | ,7 | 1,084 | 1,175 |
| [illegible] | [illegible] | ,8 | 1,096 | 1,202 |
| [illegible] | [illegible] | ,9 | 1,109 | 1,230 |
| [illegible] | [illegible] | 1,0 | 1,122 | 1,259 |
| [illegible] | ,7586 | 1,2 | 1,148 | 1,318 |
| [illegible] | [illegible] | 1,4 | 1,175 | 1,380 |
| [illegible] | ,6918 | 1,6 | 1,202 | 1,445 |
| [illegible] | [illegible] | 1,8 | 1,230 | 1,514 |
| [illegible] | [illegible] | 2,0 | 1,259 | 1,585 |
| [illegible] | [illegible] | 2,2 | 1,288 | 1,660 |
| [illegible] | [illegible] | 2,4 | 1,318 | 1,738 |
| [illegible] | [illegible] | 2,6 | 1,349 | 1,820 |
| [illegible] | [illegible] | 2,8 | 1,380 | 1,905 |
| [illegible] | [illegible] | 3,0 | 1,413 | 1,995 |

| Raport subunitar | | | Raport supraunitar | |
|---|---|---|---|---|
| Tensiune | Putere | decibeli | Tensiune | Putere |
| ,6683 | ,4467 | 3,5 | 1,496 | 2,239 |
| ,6310 | ,3981 | 4,0 | 1,585 | 2,512 |
| ,5957 | ,3548 | 4,5 | 1,679 | 2,818 |
| ,5623 | ,3162 | 5,0 | 1,778 | 3,162 |
| ,5309 | ,2818 | 5,5 | 1,884 | 3,548 |
| ,5012 | ,2512 | 6 | 1,995 | 3,981 |
| ,4467 | ,1995 | 7 | 2,239 | 5,012 |
| ,3981 | ,1585 | 8 | 2,512 | 6,310 |
| ,3548 | ,1259 | 9 | 2,818 | 7,943 |
| ,3162 | ,1000 | 10 | 3,162 | 10,000 |
| ,2818 | ,07943 | 11 | 3,548 | 12,59 |
| ,2512 | ,06310 | 12 | 3,981 | 15,85 |
| ,2239 | ,05012 | 13 | 4,467 | 19,95 |
| ,1995 | ,03981 | 14 | 5,012 | 25,12 |
| ,1778 | ,03162 | 15 | 5,623 | 31,62 |
| ,1585 | ,02512 | 16 | 6,310 | 39,81 |
| ,1413 | ,01995 | 17 | 7,079 | 50,12 |
| ,1259 | ,01585 | 18 | 7,943 | 63,10 |
| ,1122 | ,01259 | 19 | 8,913 | 79,43 |
| ,1000 | ,01000 | 20 | 10,000 | 100,00 |
| ,07943 | ,006310 | 22 | 12,59 | 158,5 |
| ,06310 | ,003981 | 24 | 15,85 | 251,2 |
| ,05012 | ,002512 | 26 | 19,95 | 398,1 |
| ,03981 | ,001585 | 28 | 25,12 | 631,0 |
| ,03162 | ,001000 | 30 | 31,62 | 1 000 |
| ,02512 | ,0006310 | 32 | 39,81 | 1 585 |
| ,01995 | ,0003981 | 34 | 50,12 | 2 512 |
| ,01585 | ,0002512 | 36 | 63,10 | 3 981 |
| ,01259 | ,0001585 | 38 | 79,43 | 6 310 |
| ,01000 | ,0001000 | 40 | 100,00 | 10 000 |
| ,007943 | ,00006310 | 42 | 125,9 | 15 850 |
| ,006310 | ,00003981 | 44 | 158,5 | 25 120 |
| ,005012 | ,00002512 | 46 | 199,5 | 39 810 |
| ,003981 | ,00001585 | 48 | 251,2 | 63 100 |
| ,003162 | ,00001000 | 50 | 316,2 | 100 000 |
| ,002512 | $6{,}310 \times 10^{-6}$ | 52 | 398,1 | 158 500 |
| ,001995 | $3{,}981 \times 10^{-6}$ | 54 | 501,2 | 251 200 |
| ,001585 | $2{,}512 \times 10^{-6}$ | 56 | 631,0 | 398 100 |
| ,001259 | $1{,}585 \times 10^{-6}$ | 58 | 794,3 | 631 000 |
| ,001000 | $10^{-6}$ | 60 | 1 000 | $10^{6}$ |
| ,0005623 | $3{,}162 \times 10^{-7}$ | 65 | 1 778 | $3{,}162 \times 10^{6}$ |
| ,0003162 | $10^{-7}$ | 70 | 3 162 | $10^{7}$ |
| ,0001778 | $3{,}162 \times 10^{-8}$ | 75 | 5 623 | $3{,}162 \times 10^{7}$ |
| ,0001000 | $10^{-8}$ | 80 | 10 000 | $10^{8}$ |
| ,00005623 | $3{,}162 \times 10^{-9}$ | 85 | 17 780 | $3{,}162 \times 10^{8}$ |
| ,00003162 | $10^{-9}$ | 90 | 31 620 | $10^{9}$ |
| ,00001000 | $10^{-10}$ | 100 | 100 000 | $10^{10}$ |
| $3{,}162 \times 10^{-6}$ | $10^{-11}$ | 110 | 316 200 | $10^{11}$ |
| $10^{-6}$ | $10^{-12}$ | 120 | $10^{6}$ | $10^{12}$ |
| $3{,}162 \times 10^{-7}$ | $10^{-13}$ | 130 | $3{,}162 \times 10^{6}$ | $10^{13}$ |
| $10^{-7}$ | $10^{-14}$ | 140 | $10^{7}$ | $10^{14}$ |

## ANEXA 8

**Sistemul european de marcare şi codificare a dispozitivelor semiconductoare discrete**

| Material de bază | Funcţia | Numărul de serie | Alte indicaţii |
|---|---|---|---|
| A — Germaniu<br>B — Siliciu<br>C — Arseniură de Galiu<br>D — [illegible]<br>R — material cu structură complexă (pentru celule fotoelectrice) | A — diodă de semnal<br>B — diodă varicap<br>C — tranzistor de JF de mică putere<br>D — tranzistor de JF de putere<br>E — diodă tunel<br>F — tranzistor de IF de mică putere<br>G — componente complexe<br>H — dispozitiv semiconductor sensibil la câmp magnetic<br>K, M — generator Hall<br>L — tranzistor de JF de putere<br>N — optocuplor<br>P — detector de radiaţii<br>Q — generator de ra[illegible]<br>R — Dispozitiv de comandă în comutaţie [illegible]<br>S — tranzistor de comutaţie de mică putere<br>T — dispozitiv de comandă în comutaţie de putere tiristor fototiristor<br>U — tranzistor de comutaţie de putere<br>X — diodă multiplicatoare sau varactor<br>Y — diodă redresoare de putere<br>Z — diodă Zener | trei cifre (100 ... 999) pentru componente de uz curent<br>o literă şi două cifre pentru componente de uz profesional | literă ce indică varianta<br>Pentru diode Zener<br>o literă toleranţa tensiunii<br>două litere separate prin litera V — tensiunea medie Zener (în volţi) |

### Sistemul românesc de notare

| Cod specific producătorului | Funcţia | număr de identificare |
| --- | --- | --- |
| RO [illegible] | A [illegible]<br>B — [illegible] integrat bipolar<br>[illegible] tiristor<br>[illegible]<br>[illegible]<br>H — circuit integrat [illegible]<br>[illegible] dispozitiv optoelectronic<br>M — circuit integrat MOS<br>P — tranzistor cu Si de putere<br>[illegible] diodă redresoare<br>[illegible] [illegible] putere<br>[illegible] — diodă tunel, varistor, varicap<br>[illegible] — dispozitiv experimental<br>Z — diodă Zener. | [illegible] |

## ANEXA 9

### Benzile de frecvenţe alocate radioamatorilor

### Regiunea 1.

1810... 1850 kHz banda de 160 m
[illegible] 3800 kHz banda de 80 m
7000 7100 kHz banda de 40 m
[illegible] [illegible] kHz ban[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
24890 [illegible]
[illegible]
144... 146 kHz banda de [illegible]
430... 440 MHz banda de 70 cm

1240 1300 MHz banda de 23 cm
[illegible] 50 MHz banda de 13 cm
[illegible] 850 MHz banda de 5 cm
10... 10,5 GHz banda de 3 cm
[illegible] 24 25 GHz banda de 12,5 mm
[illegible] GHz banda de 6 mm
5[illegible] 81 GHz banda de 4 mm
119 98 120,02 GHz banda de 2,5 mm
[illegible] ...149 GHz banda de 2 mm
[illegible] ...250 GHz banda de 1,2 mm

[illegible] România sînt autorizaţi să lucreze în benzile de 160, 80, 40, 20, 15, 10 şi 2 metri şi în benzile de 70, 23, 13, 5, 3 cm precum [illegible] în banda de 15 m.u.

## ANEXA 10

### Planuri de bandă

**Planul benzii de 160 m (1810...1850 kHz)**

1810. 1840 kHz telegrafie
1810...1838 kHz telegrafie exclusiv
1840±2 kHz radiotelex
1840. 1850 kHz telefonie şi telegrafie

**Planul benzii de 80 m (3500...3800 kHz)**

3500 ...3600 kHz telegrafie
3500...3510 kHz telegrafie, trafic DX

[illegible] 560 concursuri de telegrafie
[illegible] 580 kHz telegrafie exclusiv
3540 frecvenţă internaţională
3580...3600 kHz telegrafie radioamatori clasa VI,
3580 ..3600 kHz radiotelex şi telegrafie
3600...3800 kHz telefonie şi telegrafie
360[illegible] ± cîţiva kHz — frecvenţă internaţională

3600...3650 kHz concursuri în telefonie
3600...3530 kHz telefonie și telegrafie (radioamatori cl. VI)
3635...3650 kHz trafic DX în URSS
3730...3740 kHz televiziune cu baleiaj lent
3735 ± 5 kHz frecvență de apel pentru televiziune cu baleiaj lent
[illegible]...3800 kHz telefonie, trafic DX

**Planul benzii de 40 m (7000...7100 kHz)**

7000...7040 kHz telegrafie
7000...7035 kHz telegrafie, exclusiv
7035...7045 kHz radiotelex, telegrafie, TVBL
7030 și 7040 kHz — frecvența internațională QRP
7040 ± 5 kHz frecvență de apel TVBL
7040...7100 kHz telegrafie și telefonie

**Planul benzii de 20 m (14000...14350 kHz)**

14000...14100 kHz telegrafie
14000...14070 kHz telegrafie exclusiv
14000...14060 kHz concursuri [illegible] telegrafie
14035 kHz frecvență internațională QRP
14070...14099 kHz radiotelex și telegrafie
14000 ± 1 kHz radiobalize internaționale
14100 frecvență internațională QRP
14100...14350 kHz telefonie și telegrafie
14100...14120 kHz trafic DX [illegible] limba franceză
14125...14300 kHz concursuri în telefonie
14225...14235 kHz televiziune cu baleiaj lent
14230 ± 5 kHz frecvență de apel pentru TVBL

**Planul benzii de 15 m (21000...21450 kHz)**

21000...21150 kHz telegrafie
21000...21080 kHz telegrafie exclusiv
21040 kHz frecvență internațională QRP
21080...21120 kHz radiotelex și telegrafie
21120...21150 kHz telegrafie exclusiv
21150 kHz — 1 kHz radiobalize internaționale
21150 kHz plus cîțiva kHz frecvență internațională QRP
21150 kHz...21450 kHz telefonie și telegrafie
21335...21345 kHz televiziune cu baleiaj lent

**Planul benzii de 10 m (28000...29700 kHz)**

28000...28200 kHz telegrafie
28000...28050 kHz telegrafie exclusiv
28040 kHz frecvență internațională QRP
21080 kHz...21120 kHz radiotelex și telegrafie
21120...21150 kHz telegrafie, exclusiv
21150 kHz ± 1 kHz radiobalize internaționale
21150 plus cîțiva kHz frecvență internațională QRP

**Planul benzii de 10 m (28000...29700 kHz)**

28000...28200 kHz telegrafie
28000...28050 kHz telegrafie exclusiv
28040 kHz frecvență internațională QRP
28050...28150 kHz radiotelex și telegrafie
[illegible]...28150 kHz telegrafie exclusiv
28[illegible]...29700 kHz telefonie și telegrafie
28190...28200 kHz telefonie radiobalize internaționale
28750...29000 kHz telefonie și telegrafie (radioamatori de clasa a III-a)
28200...29300 kHz telefonie și telegrafie
28675...28685 kHz televiziune cu [illegible]
[illegible] kHz telefonie

29300...29550 kHz nu se va folosi modulația de frecvență
29400...29550 kHz frecvențe pentru serviciu prin satelit legătura descedentă
29550...29700 kHz telefonie și telegrafie

**Planul benzii de 2 m (144...146 MHz)**

144,000...144,150 MHz telegrafie
144,000...144,015 MHz trafic Lună-Pămînt, eventual pînă la 144,030 MHz
144,050 MHz frecvență alocată pentru legături tropo
144,100 MHz frecvență alocată pentru legături prin reflexie meteorică
144,100...144,126 MHz trafic de legături aleatorii (neprogramate) prin reflexie meteoritică
144,100...144,150 trafic prin reflexie meteoritică
144,150...144,500 MHz telefonie (numai BLU)
144,300 MHz frecvență de apel BLU
144,400...144,426 MHz legături (neprogramate) prin reflexie meteoritică în BLU
144,500...144,850 MHz toate modurile de lucru
144,500 MHz frecvență de apel pentru televiziune cu baleiaj lent
144,600 MHz canal simplex radiotelex pentru traficul DX
144,640 MHz frecvență canal intrare MF, radiotelex
144,650...144,675 MHz transmisii de date (frecvența de apel este 144,675 MHz)
144,700 MHz frecvență de apel facsimil
144,750 MHz frecvență de apel și răspuns pentru televiziunea de amator
144,850...145,000 MHz radiobalize
145,000...145,225 MHz frecvențe de intrare ale releelor de emisiuni cu modulație de frecvență (canalele R0...R9)
145,250...145,475 MHz toate modurile de lucru
145,300 MHz radiotelex (trafic local)
145,500 MHz frecvență internațională de apel, canalul S20, stații mobile
145,500...145,575 MHz canale simplex (S20...S23), numai emisiuni cu modulație de frecvență
145,600...145,825 MHz frecvențe de ieșire ale releelor de pe canalele R0...R9 (modulație de frecvență)
145,800...146,000 MHz transmisii radio sateliți și spațiale

**Planul benzii de 70 cm (430...440 MHz)**

430...431,000 MHz telefonie
431,000...431,500 MHz frecvențe de intrare ale releelor cu modulație în frecvență (canalele R68...R88
[illegible]...430,000 MHz toate modurile de lucru
[illegible]...432,150 telegrafie
432,000...432,010 MHz trafic [illegible]
432,050 MHz frecvență de apel telegrafie
432,100 MHz legături prin reflexie meteoritică
432,150 MHz trafic satelitar, legătură ascendentă
[illegible]...432,500 MHz telefonie (numai BLU)
432,200 MHz legături BLU prin reflexie meteoritică
432,300 MHz frecvență de apel BLU
432,500...433,000 MHz toate modurile de lucru
432,500 MHz frecvență de apel televiziune cu baleiaj lent
432,525...432[illegible] MHz transponder 1 296/432 MHz legătura ascendentă
432,600 MHz canal simplex radiotelex pentru traficul DX
432,650...432,675 MHz transmisii de date și radiopachet
432,700 MHz frecvență de apel facsimil
432,900 MHz radiobalize DX de mare putere (frecvența centrală
433,000...433,225 MHz frecvențe de intrare ale releelor de emisiuni

cu modulație de frecvență (canalele RU0...RU9).

433,250 MHz frecvență purtătoare sunet televiziune de amator (sistemul de 6MHz)

433,300 MHZ canal simplex, emisiuni cu modulație de frecvență și radiotelex, trafic local

433,400...433,475 canale simplex, numai emisiuni cu modulație de frecvență (SU 16...SU 23)

433,500 MHz frecvență internațională de apel, canalul SU 20 (numai modulație de frecvență), stații mobile

433,550 MHz frecvență internațională de lucru, canalul SU 22 (numai modulație de frecvență), stații mobile

433,750 MHz frecvență purtătoare sunet televiziune de amator (sistemul de 5,5, MHz)

434,250 MHz frecvență purtătoare imagine, televiziune de amatori (în DL)

434,600...434,825 MHz frecvențe de ieșire ale releelor de emisiuni cu modulație de frecvență (canalele RU0...RU9)

435,000...438,000 MHz trafic radio prin sateliți

439,250 MHz frecvență purtătoare imagine televiziune de amator (purtătoare atenuată)

439,250 MHz frecvență purtătoare sunet, televiziune de amator (în DL)

**Planul benzii de 23 de centimetri (1240...8...1300 MHz)**

(în țara noastră 1250...13000 MHz)

1250,000...1260,000 MHz frecvențe de intrare pentru relee de televiziune de amator

1252,500 MHz idem, purtătoare imagine

1258,000 MHz idem, purtătoare sunet

1260,150...1261,350 MHz frecvențe de ieșiri relee pentru emisiuni cu modulație de frecvență (canalele R20...R36)

1260,000...1270,000 MHz trafic radio prin sateliți

1261,500...1283,000 MHz moduri de lucru pe bandă largă

1283,000...1293,000 MHz frecvențe de ieșiri pentru relee de televiziune de amator

1285,500 MHz frecvență de ieșire pentru relee de televiziune de amator (purtătoare imagine)

1294,000 MHz idem, purtătoare sunet

1293,150...1294,000 MHz frecvențe de intrare pentru relee de modulație de frecvență (canalele R20...R 36)

1294,500...1296,000 MHz canale simplex modulație de frecvență (canalele S24...S53)

1296,000...1296,150 MHz telegrafie

1296,000...1296,010 MHz trafic pămînt-lună-pămînt

1296,000 MHz frecvență de apel, telegrafie

1296,150...1296,300 MHz BLU

1296,300 MH frecvență de apel BLU

1296,150...1296,500 MHz telefonie și telegrafie

1 296,500 MHz frecvență de apel televiziune cu baleiaj lent

1296,600 MHz frecvență de apel radiotelex

1296,700 MHz frecvență de apel facsimil

1296,800 MHz...1297,000 MHz balize DX de mare putere

1297,300 MHz canal simple, radiotelex

**Planul benzii de 12 centimetri (2300...2450 MHz)**

230,000...2320,150 MHz telegrafie

2320,000...2320,010 MHz trafic pămînt-lună-pămînt

2320,050 MHz frecvență de apel telegrafie

2320,150...2320,500 MHz BLU

2320,200 MHz frecvență de apel BLU

2320,350...2320,400 MHz frecvențe de intrare pentru repetori liniari

2320,500 MHz frecvență de apel televiziune cu baleiaj lent

2320,600 MHz frecvență de apel radiotelex

2320,700 MHz frecvență de apel facsimil

2320,800...2321,000 balize DX de mare putere

2321,150...2321,400 MHz canale simplex pentru emisiuni cu modulație de frecvență

2303,925...2348,925 MHz frecvențe releu pentru emisiuni cu modulație de frecvență (în DL)

2400,000...2450,000 MHz trafic prin sateliți

## ANEXA 11

### Transformarea frecvențelor lungimii de undă

| kHz | m | kHz | m | kHz | m | kHz | m | kHz | m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 240 000 | 1,25 | 18 800 | 15,975 | 15 300 | 19,608 | 11 900 | 25,210 | 8 400 | 35,714 |
| 120 000 | 2,5 | 18 700 | 16,043 | 15 200 | 19,737 | 11 800 | 25,424 | 8 300 | 36,145 |
| 60 000 | 5,0 | 18 600 | 16,129 | 15 100 | 19,867 | 11 700 | 25,641 | 8 200 | 36,585 |
| 40 000 | 7,5 | 18 500 | 16,216 | | | 11 600 | 25,862 | 8 100 | 37,037 |
| 30 000 | 10,0 | 18 400 | 16,304 | 15 000 | 20,000 | 11 500 | 26,087 | | |
| 29 500 | 10,17 | 18 300 | 16,393 | 14 900 | 20,134 | 11 400 | 26,316 | 8 000 | 37,500 |
| 29 000 | 10,34 | 18 200 | 16,483 | 14 800 | 20,270 | 11 300 | 26,549 | 7 900 | 37,975 |
| 28 500 | 10,51 | 18 100 | 16,574 | 14 700 | 20,408 | 11 200 | 26,786 | 7 800 | 38,461 |
| 28 000 | 10,71 | | | 14 600 | 20,548 | 11 100 | 27,027 | 7 700 | 38,961 |
| 27 500 | 10,91 | 18 000 | 16,667 | 14 500 | 20,690 | | | 7 600 | 39,474 |
| 27 000 | 11,11 | 17 900 | 16,760 | 14 400 | 20,833 | 11 000 | 27,273 | 7 500 | 40,000 |
| 26 500 | 11,32 | 17 800 | 16,854 | 14 300 | 20,979 | 10 900 | 27,523 | 7 400 | 40,540 |
| 26 500 | 11,54 | 17 700 | 16,949 | 14 200 | 21,127 | 10 800 | 27,778 | 7 300 | 41,096 |
| 25 000 | 11,76 | 17 600 | 17,045 | 14 100 | 21,276 | 10 700 | 28,037 | 7 220 | 41,667 |
| 25 000 | 12,00 | 17 500 | 17,143 | | | 10 600 | 28,302 | 7 100 | 42,254 |
| 24 500 | 12,24 | 17 400 | 17,242 | 14 000 | 21,428 | 10 500 | 28,521 | | |
| 24 000 | 12,50 | 17 300 | 17,341 | 13 900 | 21,583 | 10 400 | 28,846 | 7 000 | 42,857 |
| 23 500 | 12,77 | 17 200 | 17,442 | 13 800 | 21,739 | 10 300 | 29,126 | 6 900 | 43,478 |
| 23 000 | 13,04 | 17 100 | 17,544 | 13 700 | 21,898 | 10 200 | 29,412 | 6 800 | 44,118 |
| 22 500 | 13,33 | | | 13 600 | 22,059 | 10 100 | 29,703 | 6 700 | 44,777 |
| 22 000 | 13,63 | 17 000 | 17,647 | 13 500 | 22,222 | | | 6 600 | 45,455 |
| 21 500 | 13,97 | 16 900 | 17,751 | 13 400 | 22,388 | 10 000 | 30,000 | 6 500 | 46,154 |
| 21 000 | 14,28 | 16 800 | 17,857 | 13 300 | 22,556 | 9 900 | 30,303 | 6 400 | 46,874 |
| 20 500 | 14,63 | 16 700 | 17,964 | 12 200 | 22,727 | 9 800 | 30,612 | 6 300 | 47,619 |
| | | 16 600 | 18,072 | 13 100 | 22,901 | 9 700 | 30,928 | 6 200 | 48,387 |
| 20 000 | 15,000 | 16 500 | 18,182 | | | 9 600 | 31,250 | 6 100 | 49,180 |
| 19 900 | 15,075 | 16 400 | 18,293 | 13 000 | 23,077 | 9 500 | 31,579 | | |
| 19 800 | 15,151 | 16 300 | 18,405 | 12 900 | 23,256 | 9 400 | 31,915 | 6 000 | 50,000 |
| 19 700 | 15,228 | 16 200 | 18,519 | 12 800 | 23,437 | 9 300 | 32,258 | 5 900 | 50,847 |
| 19 600 | 15,306 | 16 100 | 18,633 | 12 700 | 23,622 | 9 200 | 32,608 | 5 800 | 51,724 |
| 19 500 | 15,385 | | | 12 600 | 23,810 | 9 100 | 32,967 | 5 700 | 52,631 |
| 19 400 | 15,464 | | | 12 600 | 23,810 | | | 5 600 | 53,571 |
| 19 300 | 15,544 | 16 000 | 18,750 | 12 500 | 24,000 | | | 5 500 | 54,545 |
| 19 200 | 15,625 | 15 900 | 18,868 | 12 400 | 24,193 | 9 000 | 33,333 | 5 400 | 55,555 |
| 19 100 | 15,707 | 15 800 | 18,987 | 12 300 | 24,390 | 8 900 | 33,708 | 5 300 | 56,604 |
| | | 15 700 | 19,108 | 12 200 | 24,590 | 8 800 | 34,091 | 5 200 | 67,692 |
| | | 15 600 | 19,231 | 12 100 | 24,793 | 8 700 | 34,483 | 5 100 | 68,824 |
| 19 000 | 15,789 | 15 500 | 19,355 | | | 8 600 | 34,884 | | |
| 18 900 | 15,873 | 15 400 | 19,480 | 12 000 | 25,000 | 8 500 | 35,294 | 5 000 | 60,000 |

| kHz | m | kHz | m | kHz | m | kHz | m | kHz | m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 900 | 61,224 | 3 200 | 93,750 | 1 500 | 200,00 | 1 330 | 225,56 | 1 160 | 258,62 |
| 4 800 | 62,500 | 3 100 | 96,774 | 1 490 | 201,34 | 1 320 | 227,27 | 1 150 | 260,87 |
| 4 700 | 63,830 | | | 1 480 | 202,70 | 1 310 | 229,01 | 1 140 | 263,16 |
| 4 600 | 65,217 | 3 000 | 100,00 | 1 470 | 204,08 | 1 300 | 230,77 | 1 130 | 265,49 |
| 4 500 | 66,667 | 2 900 | 103,45 | 1 460 | 205,48 | | | 1 120 | 267,86 |
| 4 400 | 68,182 | 2 800 | 107,14 | 1 450 | 206,90 | 1 290 | 232,56 | 1 110 | 270,27 |
| 4 300 | 69,767 | 2 700 | 111,11 | 1 440 | 208,33 | 1 280 | 234,38 | 1 100 | 272,73 |
| 4 200 | 71,429 | 2 600 | 115,38 | 1 430 | 209,79 | 1 270 | 236,22 | | |
| 4 100 | 73,171 | 2 500 | 120,00 | 1 420 | 211,27 | 1 260 | 238,10 | 1 090 | 275,23 |
| | | 2 400 | 125,00 | 1 410 | 212,77 | 1 250 | 240,00 | 1 080 | 277,78 |
| 4 000 | 75,000 | 2 300 | 130,43 | 1 400 | 214,28 | 1 240 | 241,93 | 1 070 | 280,37 |
| 3 900 | 76,923 | 2 200 | 136,36 | | | 1 230 | 243,90 | 1 060 | 283,02 |
| 3 800 | 78,947 | 2 100 | 142,86 | 1 390 | 215,83 | 1 220 | 245,90 | 1 050 | 285,71 |
| 3 700 | 81,081 | | | 1 380 | 217,39 | 1 210 | 247,93 | 1 040 | 288,46 |
| 3 600 | 83,333 | 2 000 | 150,00 | 1 370 | 218,98 | 1 200 | 250,00 | 1 030 | 291,26 |
| 3 500 | 85,714 | 1 900 | 157,89 | 1 360 | 220,59 | | | 1 020 | 294,12 |
| 3 400 | 88,235 | 1 800 | 166,67 | 1 350 | 222,22 | 1 190 | 252,10 | 1 010 | 297,03 |
| 3 300 | 90,909 | 1 700 | 176,47 | 1 340 | 223,88 | 1 180 | 254,24 | 1 000 | 300,00 |
| | | 1 600 | 187,50 | | | 1 170 | 256,41 | | |

# Bibliografie


1. Benkovskii, Lipinski — *Liubitelnie antenni korotkih i ultrakorotkih voln*, Moskva Radioisviazi 1983
2. Brown, C. — *Tranzistoare — Întrebări şi răspunsuri*, Editura Tehnică, 1977
3. Drăgulănescu N. — *Agenda radioelectronistului*, Ed. Tehnică, 1983
4. Gray Paul, Pearl C. — *Bazele electronicii moderne* Ed. Tehnică, 1973
5. Ibbotson L. — *Telecomunicaţii. Întrebări şi răspunsuri*, Ed. Tehnică 1978
6. Model — *Radioperedaiuşcie ustroistva*, Moskva, Radioisviazi 1971
7. Mihăescu I. — *Radioamatorism în UUS* Scrisul Românesc 1987
8. Nicolau E. (colectiv) — *Manualul inginerului electronist*, Radiotehnică . Editura Tehnică 1988
9. Patras N. — *Etaje de detecţie*, Editura Tehnică 1970
10. Ristea (colectiv) — *Manualul electronistului* Ed. Tehnică 1980
11. Rothammel K. — *Antennen buch*, VEB Militärverlag Berlin 1984
12. Remete I. — *Antene pentru radioamatori* Ed. Tehnică 1979
13. Spindler E. — *Antennen* — VEB Verlag Technik , Berlin 1981
14. Stănciulescu Gh. — *Manualul radioamatorului* 1982
15. Shakhgildyan — *Radio Transmiters*, Mir Publishers Moscow 1981
16. Tancu M., Vodragcu — *Manualul radioamatorului începător* 1974
17. Vătăşescu (colectiv) — *Circuite integrate liniare* vol. 1, Ed. Tehnică 1979
18. Zamfirescu D. — *Emiţătoare de mică putere pentru radioamatori* Ed. Tehnică
19. Keneth Davies — *Ionosferic Radio Propagation* 1965 National Bureau of Standards Monagraph
20. Iosif I.M. Gama V. — *Radiofonie pentru tineret* Ed. Militară 1986
21. Colectiv — *Radiorecepţia de la A la Z*, Albatros 1982
22. Colectiv — *Practica radioelectronistului amator* Albatros 1983
23. A.R.R.L. — *The Radioamateur's Handbook* 1984. 11. Edition. Newington C.T. U.S.A.
24. I.M. Iosif — *Vademecum pentru radioamatori* — Ed. Sport Turism, Bucureşti 1988


$\log_a x = \frac{\ln x}{\ln a}, x>0$

dublare 2·C f scade cu 29,3 %
triplare 3·C f scade cu 42,3 % K=1,172
4·C f scade cu 50 %